



ADOBE REFORZADO:

**UNA ALTERNATIVA
PARA LA
CONSTRUCCIÓN
DE VIVIENDAS**



**LEONEL SUASACA PELINCO
EFRAIN PARILLO SOSA
ARNALDO YANA TORRES
WILFREDO BAILON LOPEZ NEYRA**

**LEONEL SUASACA PELINCO
EFRAIN PARILLO SOSA
ARNALDO YANA TORRES
WILFREDO BAILON LOPEZ NEYRA**

ADOBE REFORZADO:

**UNA ALTERNATIVA
PARA LA
CONSTRUCCIÓN
DE VIVIENDAS**



Dados Catalográficos

PELINCO, Leonel Suasaca; SOSA, Efrain Parillo; TORRES, Arnaldo Yana; NEYRA, Wilfredo Bailon Lopez. Adobe reforzado: una alternativa para la construcción de viviendas. 1 Ed. Gradus Editora. Bauru, São Paulo. 2023.

ISBN: 978-65-81033-23-1

CDD 370.00

Todos os autores cedem os direitos autorais da obra para a Gradus Editora, impossibilitando a reprodução por outras editoras ou meios de veiculação de materiais didáticos, científicos e acadêmicos de cunho comercial, não comercial, associação científica ou cultural, bem como Instituições de Pesquisa, pelo prazo de exploração de 70 anos, conforme Lei 9.610/98.

Este livro é o resultado de uma pesquisa científica em atividades de ciência e tecnología, intitulada **Determinación de las propiedades mecánicas en unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino del Distrito de Caracoto – San Román – Puno – 2022**, realizado na Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

Antes de ser publicado, ele foi revisado por pares acadêmicos externos.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de atribuição Creative Commons.

Atribuição–NãoComercial–SemDerivações 4.0 Internacional (CC-BY-NC-ND).

GRADUS EDITORA – Todos os Direitos Reservados – 2023
Rua Luiz Gama, 229. Vila Independência. Bauru, São Paulo. Brasil.
www.GRADUSEEDITORA.com

Editor-chefe: Lucas Almeida Dias
Registro e indexação: Gradus Editora | Câmara brasileira do livro | CrossREF
Capa: Bruno M. H. Gogolla
Diagramação: Bruno M. H. Gogolla

Comitê editorial científico – Gradus Editora

Prof. Dr. Douglas M. A. de A. P. dos Santos

Profa. Dra. Cintya de Oliveira Souza

Profa. Dra. Ana Cláudia Bortolozzi

Profa. Dra. Andreia de B. Machado

Profa. Dra. Manuela Costa Melo

Prof. Dr. Carlos Gomes de Castro

Profa. Dra. Ana Beatriz D. Vieira

Profa. Dra. Janaína Muniz Picolo

Dr. Yan Corrêa Rodrigues

Prof. Dr. Thiago Henrique Omena

Prof. Dr. Luís Rafael Araújo Corrêa

Prof. Dr. Fábio Roger Vasconcelos

Prof. Dr. Leandro A. dos Santos

Prof. Dr. Gustavo Schmitt

Prof. Dra. Renata Cristina L. Andrade

Profa. Dra. Daniela Marques Saccaro

Profa. Dra. Gladys del C. M. Morales

Profa. Dra. Márcia Lopes Reis

CONTENIDO

CONTENIDO.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS.....	7
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
CAPÍTULO I	
NOCIONES GENERALES SOBRE EL ADOBE.....	13
CAPÍTULO II	
ADOBE REFORZADO.....	19
CAPÍTULO III	
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS.....	27
CAPÍTULO IV	
PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNIDADES DE ADOBE REFORZADO CON TALLO DE CEBADA Y LANA DE OVINO.....	33
CAPÍTULO V	
ADOBE REFORZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
AUTORES.....	91



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	34
Tabla 2. Cantidad de adobes reforzados para su elaboración	35
Tabla 3. Número de especímenes por cada ensayo.....	36
Tabla 4. Coordenadas UTM de ubicación de cantera.....	41
Tabla 5. Peso de tierra para elaborar 1 adobe de 10 cm x 10 cm x 10 cm sin porcentaje de adición	45
Tabla 6. Peso de tierra para elaborar 1 adobe de 40 cm x 20 cm x 10 cm sin adición	45
Tabla 7. Dosificación de 1 % / 1 unidad de adobe en cubo.....	45
Tabla 8. Dosificación de 2 % / 1 unidad de adobe reforzado en cubo.....	46
Tabla 9. Dosificación de 1 % / 1 unidad de adobe reforzado.....	46
Tabla 10. Dosificación de 2 % / 1 unidad de adobe reforzado	46
Tabla 11. La totalidad de materiales requeridos para elaborar adobes reforzados	47
Tabla 12. Dosificación para mortero por pila de adobe reforzado de 1 %.....	50
Tabla 13. Dosificación para mortero por pila de adobe reforzado de 2 %.....	51
Tabla 14. Totalidad de los materiales requeridos para preparar mortero.....	51
Tabla 15. Dosificación de mortero por murete de adobe reforzado de 1 %	52
Tabla 16. Dosificación de mortero por murete de adobe reforzado de 2 %	53
Tabla 17. Totalidad de los materiales requeridos para mortero.....	53
Tabla 18. Prueba de botella.....	62
Tabla 19. Contenido de agua	63
Tabla 20. Resultados del ensayo de límites	63
Tabla 21. De análisis granulométrico	64
Tabla 22. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del 1 % de dosificación	66
Tabla 23. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del 2 % de dosificación	67
Tabla 24. Resumen del promedio de resistencias a la compresión de adobes reforzados	68
Tabla 25. Resultados de las resistencias del ensayo a compresión de pilas con 1 % de dosificación	69
Tabla 26. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de pilas con 2 % de dosificación.....	70
Tabla 27. Resumen del promedio de resistencias a la compresión de pilas	70
Tabla 28. Resultado del ensayo de resistencia al corte de muretes con 1 % de dosificación	71
Tabla 29. Resultado del ensayo de resistencia al corte de muretes con 2 % de dosificación	72
Tabla 30. Resumen del promedio de resistencias al corte de muretes.....	73
Tabla 31. Resultado del ensayo de resistencia a la flexión de adobes reforzados con 1 % de dosificación ..	74
Tabla 32. Resultado del ensayo de resistencia a la flexión de adobes reforzados con 2 % de dosificación ..	75
Tabla 33. Resumen del promedio de resistencias a la flexión de adobes	76



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colocación de la muestra al horno eléctrico para contenido de humedad	37
Figura 2. Copa de Casagrande	37
Figura 3. Se realizó el ensayo de límite líquido de acuerdo a su procedimiento.....	38
Figura 4. Lavado de la muestra para ensayo granulométrico.....	39
Figura 5. Se realizó el ensayo de granulometría de acuerdo a su procedimiento	39
Figura 6. Se acopió tallo de cebada y lana de ovino	40
Figura 7. Se realizaron las pruebas de campo de acuerdo con sus procedimientos.....	40
Figura 8. Extracción de muestras para EMS en laboratorio	40
Figura 9. Retiro del suelo orgánico	41
Figura 10. Ubicación de lugar de extracción mediante Google Earth	41
Figura 11. Zarandeo de la tierra para hacer adobe.....	42
Figura 12. Hidratación sostenida de la tierra.....	42
Figura 13. Agua potable de caño	43
Figura 14. Volteo, mezclado y pisado del barro	43
Figura 15. Pesaje de la tierra seca natural	44
Figura 16. Pesaje de tallo de cebada y lana de ovino	44
Figura 17. Adición de fibras naturales al barro	44
Figura 18. Discos para la prueba de calidad.....	45
Figura 19. Se hizo prueba de campo de contenido de humedad de acuerdo a su procedimiento.....	47
Figura 20. Colocación de capa aislante con ceniza.....	48
Figura 21. Se sumergió y humedeció la adobera	48
Figura 22. Cobertor para el secado del adobe reforzado	49
Figura 23. Volteo de adobes poniéndoles de canto.....	49
Figura 24. Prueba de resistencia en campo del 1 % y 2 % de dosificación	49
Figura 25. Hidratación de la tierra para mortero	50
Figura 26. Preparación de mortero tipo II.....	50
Figura 27. Remojo de las caras del adobe reforzado	51
Figura 28. Secado de pilas de adobe reforzado	52
Figura 29. Verificación de la horizontalidad y verticalidad del murete	53
Figura 30. Secado de los muretes.....	54
Figura 31. Uniformizado con capa delgada de yeso la cara superior de los cubitos de adobe.....	54
Figura 32. Cubos de adobe reforzado de 6 muestras de 1 % y 6 muestras de 2 %	55
Figura 33. Ensayo de compresión de cubos de adobes reforzados de 1 % y 2 %.....	55
Figura 34. Colocación de una capa delgada con yeso la cara superior de las pilas de 1 % y 2 %.....	55



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 35. <i>Ensayo de resistencia a compresión de pilas de 1 % de dosificación</i>	56
Figura 36. <i>Ensayo de resistencia a compresión de pilas de 2 % de dosificación</i>	56
Figura 37. <i>Calado de esquinas de los muretes</i>	57
Figura 38. <i>Proceso de colocación del murete a la máquina de ensayo</i>	57
Figura 39. <i>Ajuste del murete en la máquina de ensayo</i>	58
Figura 40. <i>Ensayo de resistencia al corte del murete de 1 % de dosificación</i>	58
Figura 41. <i>Ensayo de resistencia al corte del murete de 2 % de dosificación</i>	58
Figura 42. <i>Disponibilidad de la máquina de ensayo de flexión</i>	59
Figura 43. <i>Ensayo de resistencia a la flexión de las unidades de adobe reforzado de 1 % de dosificación</i> .	59
Figura 44. <i>Ensayo de resistencia a la flexión de las unidades de adobe reforzado de 2 % de dosificación</i> .	60
Figura 45. <i>Medición de las longitudes de la cinta de barro</i>	60
Figura 46. <i>Las 4 bolitas para la prueba de presencia de arcilla</i>	61
Figura 47. <i>La 1.^a y 2.^a bolita de la prueba de presencia de arcilla</i>	61
Figura 48. <i>La 3.^a y 4.^a bolita de la prueba de presencia de arcilla</i>	61
Figura 49. <i>La prueba granulométrica de botella</i>	62
Figura 50. <i>Medición de estratos de la prueba de botella</i>	62
Figura 51. <i>Desarrollo de la prueba de contenido de humedad</i>	63
Figura 52. <i>Curva granulométrica</i>	64
Figura 53. <i>Clasificación según la carta de plasticidad de Casagrande</i>	65
Figura 54. <i>Desarrollo de la prueba de calidad en los discos de dosificaciones del 1 % y 2 %</i>	65
Figura 55. <i>Prueba de resistencia en adobes con 1 % y 2 % de T.C. y L.O.</i>	66
Figura 56. <i>Resultados del comportamiento de la f'_0 de unidades de adobe con 1 % de dosificación</i>	67
Figura 57. <i>Resultados del comportamiento de la f'_0 de unidades de adobe con 2 % de dosificación</i>	68
Figura 58. <i>Promedio de las resistencias a la compresión en unidades de adobe reforzados</i>	68
Figura 59. <i>Resultados del comportamiento de la f'_m de pilas con 1 % de dosificación</i>	69
Figura 60. <i>Resultados del comportamiento de la f'_m de pilas con 2 % de dosificación</i>	70
Figura 61. <i>Promedio de las resistencias a la compresión de pilas</i>	71
Figura 62. <i>Resultados del comportamiento de la f'_i de muretes con 1 % de dosificación</i>	72
Figura 63. <i>Resultados del comportamiento de la f'_i de muretes con 2 % de dosificación</i>	73
Figura 64. <i>Promedio de las resistencias al corte de muretes</i>	73
Figura 65. <i>Resultados del comportamiento de la f'_f de adobes con 1 % de dosificación</i>	74
Figura 66. <i>Resultados del comportamiento de la f'_f de adobes con 2 % de dosificación</i>	75
Figura 67. <i>Promedio de las resistencias a la flexión en unidades de adobe reforzados</i>	76



RESUMEN

El adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino combina tradición e innovación para mejorar las propiedades mecánicas de este material. Las fibras de tallo de cebada y lana de ovino refuerzan la estructura, aumentando su resistencia y durabilidad. Además, mejoran el aislamiento térmico, creando viviendas más sólidas, seguras y eficientes energéticamente. Esta técnica logra un equilibrio entre la construcción tradicional y las necesidades actuales. El propósito de esta investigación fue determinar las propiedades mecánicas en unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en Puno. El adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino es una técnica de construcción que mejora las propiedades mecánicas del adobe. En Caracoto se realizó una investigación respaldada por estudios anteriores que demuestran la efectividad del refuerzo de fibras naturales. Los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la compresión, flexión y corte muestran que el adobe reforzado supera los valores mínimos exigidos por la norma E-080. Esta técnica ofrece viviendas más sólidas, seguras y eficientes energéticamente, combinando tradición e innovación en la construcción.

Palabras clave: adobe reforzado, construcción, viviendas, tallo de cebada, lana de ovino



ABSTRACT

The adobe reinforced with barley stalk and sheep wool combines tradition and innovation to improve the mechanical properties of this material. The barley and sheep wool fibers reinforce the structure, increasing its strength and durability. They also improve thermal insulation, creating firmer, safer, and more energy-efficient dwellings. This technique achieves a balance between traditional construction and current needs. This research aimed to determine the mechanical properties of adobe units reinforced with barley stalk and sheep wool in Caracoto district, San Roman province, in Puno. The adobe with barley stalk reinforced and sheep wool is a construction technique that improves the mechanical properties of the adobe. The research was supported by previous studies in Caracoto that demonstrate the effectiveness of natural fiber reinforcement. The results obtained in compressive, flexural, and shear strength tests show that the reinforced adobe exceeds the minimum values required by the E-080 standard. This technique offers stronger, safer, and more energy-efficient houses, combining tradition and innovation in construction.

Key words: reinforced adobe, construction, housing, barley stalk, sheep wool



INTRODUCCIÓN

El adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino es una solución constructiva que combina lo mejor de ambos mundos: la tradición y la innovación. Esta técnica busca potenciar las propiedades mecánicas del adobe, mejorando su resistencia, durabilidad y capacidad de aislamiento térmico. La incorporación de fibras de tallo de cebada y lana de ovino durante el proceso de fabricación del adobe proporciona un refuerzo estructural adicional, aumentando su capacidad de carga y resistencia al impacto. Además, estas fibras contribuyen a mejorar el aislamiento térmico de las unidades, procurando que se mantenga una temperatura interior confortable y disminuyendo la necesidad de sistemas de climatización artificiales. Con esta técnica, se logra un equilibrio entre la herencia constructiva ancestral y las exigencias de la construcción contemporánea, lo que da como resultado viviendas más sólidas, seguras y eficientes energéticamente.

Este libro presenta una estructura de cinco capítulos. En el primero se encuentran las nociones generales sobre el adobe. En este sentido, se detalla su definición, tipología, uso y las ventajas y desventajas que puedan encontrarse en la aplicación del adobe. El segundo capítulo expone sobre el adobe reforzado. En esta sección se considera la conceptualización del término, la descripción de cómo se elabora dicho material, ahondando en los componentes. Asimismo, se señalan las pruebas y ensayos considerados para la selección de tierra y las propiedades mecánicas que se encuentran en este tipo de adobe.

Respecto al tercer capítulo, se evidencia la descripción de la construcción de viviendas. En este contexto, se detallan los aspectos fundamentales que permiten la identificación de características del suelo. Asimismo, el proceso constructivo es importante para conocer el procedimiento dentro de la formación de los segmentos con adobe. Por último, el capítulo finaliza con la descripción de las normas peruanas fundamentadas en la construcción de las viviendas. El cuarto capítulo se enfoca en las propiedades mecánicas de unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino. Por último, el quinto capítulo presenta el impacto del adobe reforzado en la construcción de viviendas. El punto de partida considera su aporte desde el campo social, ambiental y económico. El propósito de este libro ha sido determinar las propiedades mecánicas en unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno.





CAPÍTULO I

NOCIONES GENERALES SOBRE EL ADOBE

El adobe es un material de construcción ancestral que ha sido utilizado en diversas culturas. Consiste en una mezcla de arcilla, arena, agua y, en algunos casos, otros aditivos como fibras vegetales o estabilizantes. Esta combinación se moldea en bloques o ladrillos, que luego se secan al aire libre o se cuecen para obtener mayor resistencia y durabilidad (Escalante y Piñeiros, 2022).

Según Rivera-Salcedo *et al.* (2021), existen varios tipos de adobe, cada uno con características específicas. El adobe tradicional se compone principalmente de arcilla y arena, con poca adición de estabilizantes. Es el tipo más común y se utiliza para construir viviendas, muros y diversas edificaciones. Por otro lado, el adobe estabilizado se refuerza con estabilizantes como paja, estiércol u otros aditivos a fin de lograr mejoras en su resistencia y durabilidad. Este tipo de adobe es especialmente útil en áreas propensas a la erosión y a condiciones climáticas desfavorables. Además, existe el adobe compactado, que se fabrica mediante máquinas que comprimen la mezcla de arcilla y arena, lo que resulta en bloques más uniformes y de mayor densidad.

Asimismo, este material es utilizado en diversas edificaciones, como viviendas, ya que ofrece ventajas como el aislamiento térmico y la regulación de la humedad. También se emplea en la restauración de edificios históricos y en la arquitectura contemporánea para crear diseños sostenibles. Además, el adobe es utilizado en la construcción de infraestructuras comunitarias, gracias a su fácil fabricación y bajo costo, y puede contribuir a fortalecer la identidad cultural de una comunidad (Catalán *et al.*, 2019).

Por su lado, Torres *et al.* (2023) sostienen que el uso del adobe presenta ventajas y desventajas. Entre las ventajas se encuentran su disponibilidad y bajo costo, su capacidad de aislamiento térmico y regulación de la humedad, así como su sostenibilidad y carácter ecológico. Sin embargo, también existen desventajas, como su vulnerabilidad a la erosión y la humedad, la necesidad de un mantenimiento periódico y la limitación en términos de diseño arquitectónico.

En resumen, el adobe es un material de construcción versátil con una larga historia y un amplio rango de aplicaciones. Su uso abarca desde viviendas tradicionales hasta proyectos arquitectónicos contemporáneos, pasando por la restauración de edificios históricos. Aunque presenta desafíos y limitaciones, el adobe continúa siendo valorado por sus propiedades naturales, su contribución a la sostenibilidad y su arraigo en la cultura y la tradición constructiva de diferentes comunidades alrededor del mundo.

1.1. Definición de adobe

Para Escalante y Piñeiros (2022), el adobe se ha utilizado ampliamente como material para construir en diversas culturas y regiones del mundo. Se trata de una mezcla de arcilla, arena, agua y materiales orgánicos, como paja o estiércol, que se moldea y se deja secar al sol para obtener bloques sólidos. El adobe ha demostrado ser un material duradero, resistente y sostenible, con propiedades técnicas y ambientales destacables.

En términos de sus propiedades físicas, Díaz-Torres *et al.* (2019) señalan que el adobe presenta una excelente capacidad de aislamiento térmico. Su alta masa térmica permite la absorción de calor durante el día y su lenta liberación a lo largo de la noche, manteniendo el interior fresco en climas cálidos y caliente en climas fríos. Además, su baja conductividad térmica ayuda a disminuir la transferencia de calor a través de las paredes, lo que contribuye a la eficiencia energética de las construcciones realizadas con adobe. Este material también exhibe una buena capacidad de aislamiento acústico. Debido a su densidad y composición porosa, es capaz de absorber y disipar el sonido, razón por la cual se vuelve ideal para reducir la transmisión de ruido dentro de los edificios.

En cuanto a su resistencia estructural, el adobe puede soportar cargas verticales significativas. La unión entre los bloques de adobe se realiza mediante mortero de barro, lo que proporciona una excelente cohesión y resistencia. Sin embargo, es importante destacar que el adobe es más vulnerable a los movimientos sísmicos en comparación con otros materiales más flexibles, como el acero o el concreto armado. Por ello, se requieren técnicas de refuerzo sísmico y diseño adecuado para asegurar la estabilidad de las construcciones de adobe en áreas propensas a terremotos (Escalante y Piñeiros, 2022).

Desde una perspectiva ambiental, Díaz-Torres *et al.* (2019) plantean que el adobe es considerado un material sostenible y respetuoso con el medioambiente. Los componentes básicos del adobe, como la arcilla y la arena, son materiales abundantes y de bajo costo. Además, el proceso de fabricación requiere poca energía, ya que se seca al sol en lugar de someterse a un proceso de cocción en un horno, como ocurre con los ladrillos de arcilla cocida.

En este sentido, Brito-del Pino *et al.* (2021) indican que el adobe también posee la capacidad de regular la humedad interior. Debido a su porosidad, este material puede absorber la humedad del aire en condiciones de alta humedad y liberarla en condiciones de baja humedad, contribuyendo así a mantener un ambiente interior equilibrado y confortable. Sin embargo, el adobe muestra ciertas limitaciones que deben ser consideradas. Una de ellas consiste en que es más susceptible a la degradación causada por la humedad y la erosión. Por lo tanto, se requiere un mantenimiento adecuado, como revestimientos protectores y techos sobresalientes para evitar que el agua se filtre y deteriore el material.

En resumen, el adobe cuenta con propiedades notables, entre las que se encuentran su capacidad de aislamiento térmico y acústico, resistencia estructural adecuada y su naturaleza sostenible, que hacen de él una opción atractiva para la construcción de viviendas y edificios en diferentes contextos. No obstante, es fundamental considerar los desafíos asociados con la degradación y la vulnerabilidad sísmica, aplicando técnicas y prácticas adecuadas para asegurar la durabilidad y seguridad de las estructuras de adobe.

1.2. Tipos de adobe

Existen diferentes tipos de adobe utilizados en la construcción, cada uno con características distintivas y propiedades específicas. Los tres tipos más comunes son los siguientes: tradicional, estabilizado y compactado. El primero se compone de arcilla, arena, agua y materiales orgánicos, como paja o estiércol, y se seca al sol. Es reconocido por su rusticidad y su conexión con técnicas constructivas ancestrales. El segundo tipo incorpora aditivos como cemento, cal o estabilizantes químicos para mejorar su resistencia y durabilidad. Este tipo de adobe es especialmente utilizado en regiones con condiciones climáticas adversas o en áreas propensas a la erosión. Por último, el adobe compactado se produce utilizando maquinaria especializada para comprimir la mezcla de arcilla y arena en bloques densos y uniformes. Este tipo de adobe se caracteriza por su alta resistencia

estructural y se utiliza principalmente en construcciones de mayor escala o en proyectos que requieren una mayor resistencia a los terremotos. Cada tipo de adobe ofrece ventajas y consideraciones específicas, y su elección depende de las necesidades y requisitos de cada proyecto constructivo (Riversa-Salcedo *et al.*, 2021).

1.2.1. Adobe tradicional

De acuerdo con Pando (2021), el adobe tradicional ha sido un material empleado durante siglos en diversas culturas alrededor del mundo. Su composición básica consiste en una mezcla de arcilla, arena, agua y materiales orgánicos, como paja o estiércol.

El proceso de construcción con adobe tradicional implica la elaboración de bloques de este material, los cuales se moldean manualmente y se dejan secar al sol. La mezcla de arcilla y arena proporciona cohesión al adobe, mientras que los materiales orgánicos actúan como aglutinantes naturales, ayudando a reducir la contracción y fisuras durante el secado (Jerónimo-Vargas *et al.*, 2022).

Para Sánchez *et al.* (2021), una de las características distintivas del adobe tradicional es su rusticidad y conexión con las técnicas constructivas ancestrales. Este tipo de adobe a menudo conserva la forma de los moldes utilizados en su fabricación, lo que le otorga un aspecto artesanal y auténtico. Además, el adobe tradicional se adapta armoniosamente al entorno natural, ya que utiliza materiales locales y sostenibles, y se integra visualmente con el paisaje circundante.

Al respecto, Escalante y Piñeiros (2022) sostienen que el adobe tradicional también presenta propiedades técnicas notables. Su alta masa térmica le confiere una excelente capacidad de aislamiento térmico, lo que contribuye al mantenimiento de una temperatura interior estable y confortable en diferentes condiciones climáticas. Además, su porosidad permite una buena regulación de la humedad, contribuyendo a un ambiente interior saludable. Sin embargo, el adobe tradicional también presenta ciertas limitaciones que deben considerarse. Por su naturaleza porosa, es susceptible a la degradación causada por la humedad y la erosión. Para mitigar estos efectos, es necesario aplicar revestimientos protectores en las superficies exteriores y contar con techos adecuados que eviten la infiltración de agua.

La resistencia estructural del adobe tradicional puede variar según la calidad de los materiales utilizados y la técnica de construcción empleada. Si bien los muros de adobe tradicional pueden soportar cargas verticales significativas, es necesario considerar refuerzos estructurales adicionales, como vigas o columnas, especialmente en zonas sísmicas (Medina y De la Torre, 2023).

A pesar de sus desafíos, el adobe tradicional sigue siendo valorado por su belleza estética, su sostenibilidad y su conexión con la historia y la cultura de diferentes regiones. Además, la construcción con adobe tradicional fomenta la participación comunitaria y el uso de técnicas constructivas tradicionales, preservando así el conocimiento y la identidad cultural (Brito-del Pino *et al.*, 2021).

En síntesis, el adobe tradicional es un material de construcción arraigado en la historia y utilizado en diversas partes del mundo. En vista de su composición natural, su capacidad de aislamiento térmico y su aspecto auténtico, se convierte en una opción atractiva para quienes buscan una construcción sostenible, respetuosa con el entorno y con un fuerte sentido de la tradición.

1.2.2. Adobe estabilizado

Ardiles (2021) señala que el adobe estabilizado es un tipo de adobe que ha sido modificado con aditivos a fin de mejorar su durabilidad y resistencia. A diferencia del tradicional, que se compone principalmente de arcilla, arena, agua y materiales orgánicos, el adobe estabilizado incorpora aditivos como cemento, cal u otros estabilizantes químicos. Estos aditivos actúan como aglutinantes adicionales, fortaleciendo la estructura del adobe y ayudando a prevenir la degradación causada por la humedad y la erosión.

El uso de aditivos en el adobe estabilizado aporta varias ventajas técnicas. En primer lugar, permite que la resistencia a la compresión y a la tracción del material mejoren, lo que resulta en una mayor resistencia estructural. Esto



permite construir muros de adobe estabilizado que son capaces de soportar cargas verticales y resistir fuerzas sísmicas con mayor eficacia. Además, el adobe estabilizado presenta una mayor resistencia a la absorción de agua, lo que ayuda a prevenir la degradación y el deterioro del material en climas húmedos o en zonas propensas a la humedad. Al reducir la permeabilidad del adobe, los aditivos contribuyen a que sea más resistente al agua y a la erosión, prolongando así su vida útil y minimizando los problemas asociados con la humedad (Brito-del Pino *et al.*, 2021).

Asimismo, Escalante y Piñeiros (2022) plantean que otra ventaja del adobe estabilizado es su capacidad para resistir la acción de los insectos y roedores, que a menudo pueden dañar el adobe tradicional. Los aditivos utilizados en el adobe estabilizado actúan como repelentes naturales, lo que proporciona una mayor protección contra la infestación de plagas.

Al respecto, Catalán *et al.* (2019) resaltan que es importante tener en cuenta que la cantidad y el tipo de aditivos utilizados en el adobe estabilizado deben ser cuidadosamente seleccionados y controlados para garantizar un equilibrio adecuado entre resistencia, durabilidad y sostenibilidad. Un exceso de aditivos puede resultar en un adobe demasiado rígido y frágil, sin las cualidades de flexibilidad y adaptabilidad que caracterizan al adobe tradicional.

En términos estéticos, Rivera-Salcedo *et al.* (2021) destacan que el adobe estabilizado puede tener una apariencia similar al adobe tradicional, aunque a menudo se distingue por una mayor uniformidad en la forma y el color de los bloques. Esto se debe a la mezcla homogénea de los aditivos en el material, lo que evita variaciones visuales significativas.

En resumen, el adobe estabilizado es una evolución del adobe tradicional, que incorpora aditivos para mejorar su resistencia y durabilidad. Ofrece ventajas en términos de resistencia estructural, resistencia a la humedad y protección contra plagas. Sin embargo, es esencial seguir las recomendaciones y pautas adecuadas para garantizar la correcta proporción y aplicación de los aditivos, manteniendo un equilibrio entre las propiedades técnicas mejoradas y la sostenibilidad del material.

1.2.3. Adobe compactado

Autores como Cotrina (2021) sostienen que el adobe compactado se diferencia tanto en su proceso de fabricación como en sus propiedades técnicas de los otros tipos de adobe. A diferencia del tradicional, que se moldea y se seca al sol, el adobe compactado se produce utilizando maquinaria especializada que comprime la mezcla de arcilla y arena en bloques densos y uniformes.

El proceso de fabricación del adobe compactado implica la utilización de una prensa hidráulica o una máquina de compresión que aplica una fuerza considerable sobre la mezcla de materiales. Esta presión compacta los materiales, eliminando el aire y logrando una mayor cohesión entre las partículas de arcilla y arena. Como resultado, los bloques de adobe compactado presentan una alta densidad y una resistencia estructural mejorada (Catalán *et al.*, 2019).

Una de las ventajas más notorias del adobe compactado es su alta resistencia a la compresión. Los bloques compactados pueden soportar cargas verticales significativas, lo que los hace adecuados para construcciones de mayor escala o proyectos que requieren una mayor capacidad de carga. Esta resistencia adicional es especialmente importante en áreas propensas a terremotos, ya que el adobe compactado puede ofrecer una mayor resistencia a las fuerzas sísmicas. Otra propiedad destacada del adobe compactado es su baja porosidad. Debido a la compresión intensa durante la fabricación, los bloques compactados presentan una menor cantidad de poros en comparación con el adobe tradicional. Esto brinda una absorción menor de agua y una resistencia mayor a la erosión y los efectos de la humedad. Estas características hacen que el adobe compactado sea más duradero y adecuado para áreas con climas adversos o con altos niveles de humedad (Díaz-Torres *et al.*, 2019).

Sánchez *et al.* (2021) señalan que es importante destacar que el adobe compactado también requiere ciertas consideraciones en su fabricación y construcción. La mezcla de arcilla y arena debe tener la proporción adecuada para lograr la compactación deseada, y la maquinaria utilizada debe ser calibrada y operada correctamente. Además, el diseño y la planificación estructural adecuada son esenciales para asegurar que las construcciones de adobe compactado sean estables.



En términos estéticos, Jerónimo-Vargas *et al.* (2022) postulan que el adobe compactado puede tener una apariencia similar al adobe tradicional, aunque a menudo se distingue por su uniformidad y precisión en las formas. Los bloques compactados pueden tener tamaños y formas estandarizadas, lo que facilita su colocación y reduce los espacios entre los bloques.

En conclusión, el adobe compactado es un tipo de adobe que se produce mediante la compresión de la mezcla de arcilla y arena. Ofrece ventajas notables en términos de resistencia a la compresión, durabilidad y resistencia a la humedad. Sin embargo, se requiere una atención cuidadosa durante su fabricación y construcción para asegurar resultados óptimos. El adobe compactado es especialmente adecuado para proyectos que requieren una mayor resistencia estructural, como construcciones de mayor escala o en áreas propensas a terremotos.

1.3. Usos del adobe

El uso del adobe para construcción abarca una amplia gama de aplicaciones. Principalmente, se emplea en viviendas, tanto en áreas rurales como urbanas. Las casas construidas con adobe ofrecen ventajas significativas, como un ambiente interior más fresco en verano y mayor retención de calor en invierno debido a su capacidad de aislamiento térmico. Además, las paredes de adobe tienen la capacidad de regular la humedad, lo que contribuye a mantener un ambiente interior saludable (Escalante y Piñeiros, 2022).

Además de su uso en viviendas, Medina y De la Torre (2023) sostienen que el adobe también se utiliza para restaurar y conservar edificios históricos y del patrimonio cultural. En muchos países, se han implementado programas para preservar y mantener las técnicas de construcción de adobe empleadas en estructuras antiguas. La restauración de edificios de adobe requiere conocimientos especializados en técnicas de reparación, uso de morteros y revestimientos adecuados, y la aplicación de prácticas de conservación para garantizar la integridad y autenticidad del patrimonio.

Al respecto, Ardiles (2021) señala que el adobe no se limita solo a construcciones tradicionales, ya que también se ha utilizado en la arquitectura contemporánea para crear diseños innovadores y sostenibles. Los arquitectos han explorado nuevas técnicas y enfoques para aprovechar las propiedades del adobe en la creación de espacios modernos y eficientes desde la perspectiva energética. Esto ha llevado a la integración de elementos arquitectónicos contemporáneos, como grandes ventanales, techos verdes y sistemas de energía renovable, en edificaciones de adobe.

Asimismo, Sánchez *et al.* (2021) apuntan que el adobe se ha utilizado en la construcción de infraestructuras comunitarias, como escuelas, centros de salud y edificios municipales. Su facilidad de fabricación y bajo costo lo convierten en una opción atractiva para proyectos comunitarios en áreas con recursos limitados. Además, la estética natural y auténtica del adobe puede contribuir a la identidad cultural de la comunidad y fomentar un sentido de pertenencia.

Para Díaz-Torres *et al.* (2019), el adobe también ha sido objeto de experimentación y desarrollo tecnológico. A medida que la construcción sostenible y el uso de materiales naturales ganan importancia, se están llevando a cabo investigaciones y experimentos para mejorar las propiedades y la resistencia del adobe, por ejemplo, explorando aditivos naturales y técnicas de estabilización para aumentar la durabilidad y la resistencia sísmica del adobe. También se están desarrollando métodos de producción más eficientes y maquinaria especializada para optimizar el proceso de fabricación del adobe.

En síntesis, el adobe es ampliamente utilizado en la construcción, desde viviendas hasta restauración del patrimonio, arquitectura contemporánea e infraestructuras comunitarias. Sus propiedades de aislamiento térmico, regulación de la humedad y bajo costo lo convierten en una opción atractiva para proyectos sostenibles y en áreas con recursos limitados. Además, su estética natural y su conexión con la tradición cultural añaden valor tanto estético como histórico a los proyectos en los que se utiliza.



1.4. Ventajas y desventajas del uso de adobe

El uso del adobe en la construcción presenta tanto ventajas como desventajas. A continuación, Díaz-Torres *et al.* (2019) detallan cada una de ellas:

Ventajas del uso de adobe

- **Sostenibilidad.** El adobe es un material sostenible, ya que se compone principalmente de ingredientes naturales, como arcilla, arena y agua. Estos materiales son abundantes y de bajo costo, de modo que se transforma en una opción accesible y respetuosa con el medioambiente.
- **Aislamiento térmico.** Las paredes de adobe ofrecen un excelente aislamiento térmico; esto implica el sostenimiento de una temperatura interior estable. En climas cálidos, el adobe ayuda a mantener un ambiente fresco, reduciendo la necesidad de sistemas de refrigeración artificial. En climas fríos, el adobe retiene el calor, disminuyendo la dependencia de sistemas de calefacción.
- **Regulación de la humedad.** El adobe presenta una capacidad única en la regulación de la humedad al interior de los espacios habitables. Su naturaleza porosa permite la absorción y liberación de humedad, contribuyendo a mantener un ambiente interior saludable y confortable.
- **Bajo costo.** El adobe es económicamente viable, ya que los materiales necesarios para su fabricación son generalmente de bajo costo y ampliamente disponibles en muchas regiones. Además, el proceso de fabricación del adobe es relativamente simple, lo que reduce los costos de producción.

Desventajas del uso de adobe

- **Vulnerabilidad a la erosión y la humedad.** El adobe es susceptible a la erosión y degradación causada por la humedad y la lluvia. Es importante aplicar revestimientos y protecciones adecuadas en las superficies exteriores para prevenir daños y mantener la durabilidad del material.
- **Estabilidad estructural en zonas sísmicas.** El adobe puede ser menos resistente a los terremotos si se le compara con otros materiales de construcción. En zonas sísmicas, se requiere una planificación y refuerzos estructurales cuidadosos para garantizar la seguridad de los edificios construidos con adobe.
- **Mantenimiento periódico.** El adobe puede requerir un mantenimiento periódico para preservar su integridad. Esto puede incluir reparaciones, repintado y aplicaciones de revestimientos protectores para evitar daños por la exposición a la intemperie.
- **Limitaciones de diseño.** Aunque el adobe ofrece una estética rústica y auténtica, puede tener limitaciones en términos de diseño arquitectónico. La forma y estructura de los edificios de adobe suelen estar más limitadas en comparación con otros materiales de construcción más flexibles.

En conclusión, Díaz-Torres *et al.* (2019) sostienen que el uso del adobe en la construcción presenta ventajas significativas en términos de sostenibilidad, aislamiento térmico, regulación de la humedad y bajo costo. Sin embargo, también tiene desventajas relacionadas con la vulnerabilidad a la erosión y la humedad, estabilidad estructural en zonas sísmicas, mantenimiento periódico y limitaciones de diseño. Por lo tanto, es importante considerar cuidadosamente estas ventajas y desventajas al decidir utilizar el adobe como material de construcción.



CAPÍTULO II

ADOBE REFORZADO

El adobe reforzado es un material de construcción que combina los principios tradicionales del adobe con componentes y técnicas modernas a fin de mejorar su resistencia y durabilidad (Ferradas, 2020). La elaboración del adobe reforzado implica la selección cuidadosa de los componentes, principalmente la tierra natural, aditivos estabilizadores y refuerzos estructurales.

En el proceso de selección de la tierra para el adobe reforzado, se realizan pruebas y ensayos tanto en campo como en laboratorio. En las pruebas de campo, se recolectan muestras de tierra de diferentes áreas del sitio de construcción. Estas muestras se someten a pruebas visuales de textura y color para evaluar su calidad. Además, se pueden realizar pruebas de humedad y plasticidad con el fin de establecer la aptitud de la tierra para la mezcla de adobe reforzado. Los ensayos en laboratorio complementan estas pruebas mediante análisis granulométricos, ensayos de límite líquido y límite plástico, y ensayos de compactación, que brindan información precisa acerca de las características físicas y mecánicas de la tierra (Gómez y Flores, 2022).

Moreano (2019) detalla que, una vez seleccionada la tierra adecuada, se incorporan aditivos estabilizadores para mejorar las propiedades del adobe reforzado. Estos aditivos pueden incluir fibras naturales o sintéticas, como paja, cáñamo o polímeros, que aumentan la cohesión y resistencia del material. También se utilizan estabilizadores químicos, como cal, cemento u otros agentes, para mejorar la resistencia al agua y la durabilidad del adobe reforzado.

Además de los aditivos estabilizadores, Araya-Letelier *et al.* (2019a) señalan que se incorporan refuerzos estructurales en la mezcla de adobe reforzado para mejorar su resistencia a las cargas. Estos refuerzos pueden incluir barras de acero, mallas metálicas o incluso materiales compuestos. Los refuerzos estructurales se distribuyen estratégicamente en la mezcla para resistir fuerzas de compresión, tracción y flexión, lo que confiere al adobe reforzado una mayor resistencia y estabilidad estructural.

En cuanto a las propiedades mecánicas, Moreano (2019) indica que el adobe reforzado exhibe una mayor resistencia a la compresión, tracción y flexión en comparación con el adobe convencional. La inclusión de refuerzos estructurales mejora la capacidad de soporte de cargas verticales y horizontales, como las generadas por movimientos sísmicos. Los aditivos estabilizadores aumentan la cohesión y durabilidad del material,

mientras que los refuerzos estructurales distribuidos a lo largo del adobe reforzado mejoran su resistencia a las fuerzas de tracción y flexión.

En síntesis, el tipo de adobe expuesto en este capítulo combina los principios del adobe tradicional con técnicas modernas con el fin de lograr la mejora de su resistencia y durabilidad. La selección de la tierra adecuada se realiza mediante pruebas de campo y ensayos en laboratorio para evaluar su calidad y propiedades físicas y mecánicas. Asimismo, se añaden aditivos estabilizadores, como fibras naturales o sintéticas y estabilizadores químicos, para aumentar la cohesión y resistencia del adobe reforzado. Por otro lado, se incorporan refuerzos estructurales, como barras de acero o mallas metálicas, para mejorar su capacidad de resistir cargas. El adobe reforzado exhibe una mayor resistencia a la compresión, tracción y flexión en comparación con el adobe convencional, lo que lo hace adecuado para construcciones más sólidas y capaces de resistir movimientos sísmicos.

2.1. ¿Qué es el adobe reforzado?

El adobe reforzado es una variante del adobe tradicional que se caracteriza por incorporar elementos de refuerzo a fin de incrementar su resistencia y durabilidad. Aunque el adobe por sí mismo tiene cualidades constructivas favorables, como su capacidad de regular la humedad y su aislamiento térmico, el adobe reforzado ofrece ventajas adicionales al brindar una mayor resistencia estructural (Araya-Letelier *et al.*, 2019b).

De acuerdo con Cruz (2022), existen diferentes técnicas para reforzar el adobe, que pueden variar según la región y las condiciones locales. Algunos métodos comunes incluyen el uso de estabilizantes naturales, como paja, estiércol o fibras vegetales, que se agregan a la mezcla de arcilla y arena a fin de alcanzar la mejora de la cohesión y la resistencia a la compresión del adobe. Estos estabilizantes actúan como refuerzos internos y ayudan a prevenir que aparezcan grietas o que se desprendan partículas.

Asimismo, Medina *et al.* (2022) plantean que otro enfoque para reforzar el adobe es la incorporación de elementos estructurales externos, como varillas de acero, caña carrizo, mallas metálicas o bambú. Estos refuerzos se insertan en las paredes de adobe durante el proceso de construcción y proporcionan una mayor resistencia a la tracción y a los esfuerzos sísmicos. Al unir el adobe con los refuerzos estructurales, se crea un sistema de refuerzo integral que mejora la estabilidad y la resistencia de la estructura.

En esta línea, Brito-del Pino *et al.* (2021) sostienen que el adobe reforzado se utiliza en diversos tipos de construcciones, desde viviendas hasta edificios comerciales e institucionales. Es particularmente beneficioso en áreas propensas a terremotos, donde se requiere una mayor resistencia sísmica. Los refuerzos estructurales en el adobe permiten que la estructura absorba y disipe la energía generada por un terremoto, reduciendo así los daños y aumentando la seguridad de los ocupantes.

Una ventaja adicional del adobe reforzado es su contribución a la sostenibilidad y la eficiencia energética. Al utilizar materiales locales y renovables, como la arcilla y la paja, se reduce la huella ambiental de la construcción. Además, la capacidad del adobe reforzado para regular la humedad y proporcionar un aislamiento térmico eficiente ayuda a reducir el requerimiento de sistemas artificiales de calefacción y refrigeración, de manera que se produce un menor consumo de energía. Sin embargo, es importante tener en cuenta algunas consideraciones al utilizar adobe reforzado. La calidad y la idoneidad de los materiales utilizados para el refuerzo son fundamentales para garantizar la eficacia y la durabilidad de la estructura. Además, se requiere un conocimiento especializado en técnicas de construcción de adobe reforzado, incluyendo la correcta colocación y fijación de los refuerzos (Díaz-Torres *et al.*, 2019).

En conclusión, el adobe reforzado es una opción constructiva que combina las cualidades naturales del adobe con técnicas de refuerzo para proporcionar una mayor resistencia y durabilidad. Su uso es especialmente relevante en áreas sísmicas, donde se requiere una mayor resistencia estructural. Además, el adobe reforzado ofrece beneficios en términos de sostenibilidad y eficiencia energética. Sin embargo, es esencial

contar con un conocimiento adecuado y seguir las prácticas de construcción apropiadas con el fin de garantizar la calidad y la seguridad de las estructuras de adobe reforzado.

2.2. Elaboración del adobe reforzado: componentes

Aranda (2023) indica que la elaboración del adobe reforzado involucra la combinación de tres componentes clave: tierra natural, aditivos estabilizadores y agua. La tierra natural, generalmente arcilla y arena, es la base principal del adobe y proporciona la cohesión necesaria para la construcción. Los aditivos estabilizadores, como paja, estiércol u otros materiales fibrosos, se agregan a la mezcla a fin de mejorar la resistencia y la durabilidad del adobe. Estos aditivos actúan como refuerzos internos, ayudando a prevenir la formación de grietas y el desgaste del material. Por último, el agua se utiliza para humedecer y mezclar los componentes, creando una pasta maleable que puede ser moldeada en ladrillos o bloques de adobe. La combinación adecuada de estos tres elementos es esencial para obtener un adobe reforzado de calidad y con propiedades estructurales mejoradas.

2.2.1. Tierra natural

El uso de tierra natural es fundamental para elaborar adobe reforzado. La tierra, generalmente arcilla y arena, es el componente principal del adobe y proporciona la cohesión necesaria para construir estructuras sólidas y duraderas. La arcilla es especialmente importante debido a su capacidad de retener el agua y actuar como un aglutinante natural, lo que permite que las partículas de arena se adhieran entre sí. Esta combinación de arcilla y arena en la proporción adecuada proporciona la resistencia necesaria para el adobe reforzado (Aranda, 2023).

Para Yacelga y Nolivos (2023), la tierra utilizada en la fabricación del adobe reforzado debe ser de buena calidad y libre de contaminantes. Se busca tierra con la adecuada plasticidad, es decir, que sea maleable y se pueda moldear fácilmente. La arcilla debe tener un contenido de humedad óptimo para permitir una mezcla homogénea y una adecuada compactación.

Araya-Letelier *et al.* (2019a) señalan que uno de los aspectos clave en el uso de la tierra natural es la búsqueda de recursos locales. Utilizar la tierra disponible en el lugar de construcción reduce los costos de transporte y minimiza la huella ambiental asociada. Además, el uso de tierra local puede tener ventajas adicionales, como una mejor adaptación a las condiciones del suelo y la integración con la arquitectura y el entorno existente.

Es importante tener en cuenta que la calidad de la tierra puede variar según la ubicación geográfica. Por lo tanto, es necesario realizar pruebas de laboratorio para evaluar las características físicas y químicas de la tierra utilizada, como su contenido de arcilla, arena, limo y otros minerales. Estas pruebas ayudarán a determinar la idoneidad de la tierra y permitirán ajustar las proporciones de los componentes para lograr la mezcla óptima (Díaz-Torres *et al.*, 2019).

En resumen, el uso de tierra natural, especialmente arcilla y arena, es esencial en la fabricación del adobe reforzado. La calidad de la tierra y la proporción adecuada de sus componentes son determinantes para obtener una mezcla cohesiva y resistente. Utilizar recursos locales no solo reduce los costos y la huella ambiental, sino que también puede mejorar la adaptabilidad y la integración con el entorno construido. El conocimiento y las pruebas de laboratorio son fundamentales para garantizar la calidad y las propiedades estructurales del adobe reforzado.

2.2.2. Aditivos estabilizadores

Olivera (2022) brinda una visión sobre los aditivos estabilizadores y sostiene que desempeñan un papel crucial en la elaboración del adobe reforzado, al mejorar su resistencia y durabilidad. Estos aditivos, que se agregan a la mezcla de arcilla y arena, actúan como refuerzos internos, fortaleciendo la estructura del adobe y reduciendo el riesgo de grietas y desprendimiento de partículas.



Araya-Letelier *et al.* (2019b) aclara que uno de los aditivos más comunes utilizados en la fabricación del adobe reforzado es la paja. La paja se mezcla con la tierra para crear una mezcla más cohesiva y resistente. Sus fibras actúan como refuerzos naturales, proporcionando una mayor resistencia a la compresión y ayudando a prevenir la formación de grietas. Además, la paja contribuye a la capacidad de aislamiento térmico del adobe, mejorando su eficiencia energética. Otro aditivo estabilizador utilizado es el estiércol, que puede provenir de diferentes fuentes, como el ganado o los animales de granja. El estiércol se mezcla con la tierra para mejorar su plasticidad y cohesión. Aporta nutrientes a la mezcla, lo que favorece el crecimiento de microorganismos que contribuyen a la estabilidad y la resistencia del adobe.

Además de la paja y el estiércol, se pueden utilizar otros aditivos estabilizadores como fibras vegetales (coco o el sisal), o incluso productos químicos estabilizadores específicos. Estos aditivos pueden variar según la disponibilidad local, las condiciones climáticas y las necesidades específicas de la construcción. Es importante mencionar que la cantidad y proporción de los aditivos estabilizadores pueden variar según el tipo de adobe reforzado que se esté produciendo y las condiciones particulares del proyecto. Se deben realizar pruebas de laboratorio y experimentación para determinar la cantidad óptima de aditivo a agregar, asegurando así la calidad y las propiedades deseadas del adobe reforzado (Manzano y Tantalla, 2023).

En resumen, los aditivos estabilizadores desempeñan un papel esencial en la elaboración del adobe reforzado, mejorando su resistencia y durabilidad. La paja, el estiércol y otras fibras vegetales son comúnmente utilizados como refuerzos internos, aportando cohesión y previniendo la formación de grietas. Estos aditivos, junto con una adecuada proporción de tierra y agua, contribuyen a la creación de estructuras de adobe reforzado que son sólidas, duraderas y capaces de resistir esfuerzos mecánicos.

2.2.3. Agua

Para Mateo *et al.* (2021), el agua es un componente esencial en la elaboración del adobe reforzado, ya que desempeña un papel fundamental en la mezcla y la conformación del material. Su adecuada utilización garantiza una consistencia óptima y facilita la unión de los demás componentes, como la tierra y los aditivos estabilizadores.

En este proceso, Yacelgo y Nolivos (2023) sostienen que el agua se añade a la mezcla de tierra y aditivos para lograr la humedad adecuada que permita una mezcla homogénea y maleable. La cantidad de agua necesaria puede variar dependiendo de la calidad de la tierra y las características específicas del proyecto. Un exceso de agua puede resultar en una mezcla demasiado húmeda y difícil de manejar, mientras que una cantidad insuficiente puede generar una mezcla seca y quebradiza.

Aranda (2023) señala que es importante agregar el agua gradualmente y mezclar adecuadamente para garantizar una distribución uniforme en toda la mezcla. Esto permitirá que los componentes se adhieran entre sí de manera efectiva y formen una masa cohesiva. La mezcla debe alcanzar la plasticidad adecuada para que pueda ser moldeada en ladrillos o bloques de adobe, sin que sea demasiado líquida ni demasiado seca. Además de su papel en la mezcla, el agua también desempeña un papel importante en el proceso de curado del adobe. Después de dar forma a los ladrillos o bloques de adobe, es esencial que se les proporcione un tiempo adecuado para secarse y endurecer. Durante este proceso, el agua presente en la mezcla se evapora lentamente, lo que permite que el adobe adquiera resistencia y durabilidad.

Es importante destacar que el control de la humedad es crucial tanto en la etapa de mezcla como en el proceso de curado. Condiciones ambientales demasiado secas pueden ocasionar un secado rápido y desigual del adobe, lo que puede resultar en grietas y una reducción de la resistencia. Por otro lado, un exceso de humedad durante el curado puede retrasar el proceso y afectar negativamente la calidad del adobe (Gómez y Flores, 2022).

En síntesis, el agua desempeña un papel esencial en la elaboración del adobe reforzado. Su adecuada utilización permite la formación de una mezcla homogénea y maleable, facilitando la unión de los componentes. Además, el control adecuado de la humedad durante el proceso de curado es fundamental para obtener un adobe reforzado resistente y duradero.

2.3. Pruebas y ensayos de selección de tierra para elaborar el adobe reforzado

Guerrero (2014) menciona que la selección de tierra adecuada es un paso crucial en la elaboración del adobe reforzado, y para garantizar la calidad del material es necesario realizar pruebas y ensayos tanto en campo como en laboratorio. Estas pruebas buscan evaluar las características físicas y químicas de la tierra, como su contenido de arcilla, arena y otros minerales, así como su plasticidad y capacidad de retención de agua. En el campo se pueden realizar pruebas sencillas, como la inspección visual y la prueba de la bola de tierra, que proporcionan una indicación preliminar de la idoneidad de la tierra. Sin embargo, para obtener resultados más precisos, se realizan ensayos en laboratorio, como el análisis granulométrico y la determinación del límite líquido y plástico. Estas pruebas permiten ajustar las proporciones de los componentes y lograr una mezcla óptima para la elaboración del adobe reforzado.

2.3.1. Pruebas de campo

De acuerdo con Rivera y Muñoz (2012), las pruebas de campo desempeñan un papel crucial en la selección de tierra para la elaboración del adobe reforzado. Estas pruebas proporcionan una evaluación inicial de las características físicas de la tierra y ayudan a determinar su idoneidad para su uso en la construcción de adobe reforzado.

Para Araya-Letelier *et al.* (2019a), una de las pruebas más comunes en el campo es la inspección visual. Mediante esta evaluación, se observa la apariencia general de la tierra, buscando características deseables como un color uniforme, ausencia de materiales extraños y una textura adecuada. Se busca una tierra que sea suave, maleable y libre de piedras, raíces u otros elementos que puedan afectar la calidad del adobe. Otra prueba de campo importante es de la bola de tierra. Consiste en tomar un puñado de tierra húmeda y comprimirla en forma de bola en la palma de la mano. Luego, se evalúa la cohesión de la bola. Una buena calidad de tierra debería permitir formar una bola que se mantenga unida sin desmoronarse fácilmente. Esto indica la presencia de una cantidad adecuada de arcilla y arena, que son los componentes principales del adobe.

Además de estas pruebas, también se pueden realizar observaciones del entorno local. Esto implica analizar las construcciones existentes de adobe en la zona y evaluar su durabilidad y resistencia a lo largo del tiempo. Si las estructuras de adobe han demostrado ser sólidas y duraderas, es una indicación positiva de que la tierra local puede ser adecuada para la elaboración del adobe reforzado (Rivera, 2012).

En este sentido, Brito-del Pino *et al.* (2021) plantean que es importante tener en cuenta que las pruebas de campo proporcionan una evaluación preliminar de la calidad de la tierra, pero no son suficientes para determinar de manera precisa todas sus características. Por lo tanto, se requiere complementar estas pruebas con ensayos de laboratorio más detallados para obtener resultados más precisos y ajustar adecuadamente las proporciones de los componentes del adobe reforzado.

En conclusión, las pruebas de campo son un primer paso en la selección de tierra para la elaboración del adobe reforzado. La inspección visual y la prueba de la bola de tierra son dos pruebas comunes que permiten evaluar la apariencia y la cohesión de la tierra. Sin embargo, es importante complementar estas pruebas con ensayos de laboratorio para obtener una evaluación más precisa de las características físicas y químicas de la tierra, asegurando así la calidad y las propiedades deseadas del adobe reforzado.

2.3.1. Ensayos en laboratorio

Según Olivera (2022), en el proceso de selección de tierra para la elaboración del adobe reforzado, los ensayos en laboratorio cumplen un rol fundamental para obtener una evaluación precisa de las características físicas y químicas de la tierra. Estos ensayos permiten determinar de manera científica las propiedades y



composición de la tierra, proporcionando información crucial para ajustar las proporciones de los componentes y lograr una mezcla óptima.

Para Guillén *et al.* (2021), uno de los ensayos más utilizados es el análisis granulométrico, que evalúa la distribución de tamaño de las partículas presentes en la tierra. Mediante este ensayo, se determina el porcentaje de arcilla, arena y limo, lo cual es fundamental para la estabilidad y resistencia del adobe reforzado. Se emplean tamices de diferentes aberturas para separar las partículas según su tamaño, y posteriormente se realiza una clasificación de los resultados.

Además del análisis granulométrico, Pesántez y Tapia (2018) postulan que se realizan ensayos para determinar el límite líquido y el límite plástico de la tierra. Estos ensayos, basados en la norma de Atterberg, evalúan la plasticidad y cohesión de la tierra. El límite líquido representa el contenido de humedad en el cual la tierra cambia de un estado líquido a uno plástico, mientras que el límite plástico indica el contenido de humedad en el cual la tierra pasa de un estado plástico a uno semisólido. Estos valores son fundamentales para determinar la cantidad óptima de agua a añadir en la mezcla del adobe reforzado.

Asimismo, Quintero *et al.* (2021) resaltan que se pueden llevar a cabo ensayos de compactación para evaluar la densidad y la capacidad de compactación de la tierra. Estos ensayos permiten determinar el grado de compactación necesario para lograr la resistencia deseada en el adobe reforzado. Se utilizan equipos de compactación específicos, como el compactador de Proctor, para simular las condiciones de campo y obtener resultados confiables.

Es importante destacar que los ensayos en laboratorio requieren de personal capacitado y equipos adecuados para obtener resultados precisos. Estos ensayos proporcionan información detallada sobre la calidad de la tierra y permiten ajustar las proporciones de los componentes para obtener un adobe reforzado de alta calidad y resistencia (Guerrero, 2020).

A modo de conclusión, los ensayos en laboratorio desempeñan un papel esencial en la selección de tierra para la elaboración del adobe reforzado. El análisis granulométrico, los ensayos de límite líquido y límite plástico, y los ensayos de compactación son algunas de las pruebas utilizadas para evaluar las propiedades físicas y químicas de la tierra. Estos ensayos brindan información precisa que permite ajustar las proporciones de los componentes y obtener una mezcla óptima para la elaboración de adobe reforzado de alta calidad y durabilidad.

2.4. Propiedades mecánicas del adobe reforzado

El adobe reforzado exhibe propiedades mecánicas mejoradas en comparación con el adobe convencional, lo que lo convierte en un material de construcción resistente y duradero. Estas propiedades se deben principalmente a la inclusión de aditivos estabilizadores y refuerzos estructurales, que mejoran la cohesión y la resistencia a las cargas aplicadas (Guerrero, 2020).

En cuanto a la resistencia a la compresión, Aguilar *et al.* (2018) indican que el adobe reforzado muestra una mayor capacidad para soportar cargas verticales. Los refuerzos estructurales, como la inclusión de barras de acero o mallas metálicas, brindan mayor resistencia y evitan el colapso bajo cargas pesadas. Además, la presencia de aditivos estabilizadores, como la incorporación de fibras naturales o sintéticas, contribuye a aumentar la cohesión y la resistencia del material.

Al respecto, Catalán *et al.* (2019) señalan que la resistencia a la tracción también se ve mejorada en el adobe reforzado. Los refuerzos estructurales distribuidos a lo largo del material actúan como elementos de refuerzo para resistir las fuerzas de tracción. Esto es especialmente importante en zonas sujetas a movimientos sísmicos, donde la capacidad de resistir esfuerzos de tracción es esencial para evitar daños estructurales. Otra propiedad mecánica relevante es la resistencia a la flexión. El adobe reforzado, gracias a los refuerzos estructurales y la inclusión de aditivos estabilizadores, presenta una mayor capacidad para resistir cargas flexionales

sin fracturarse. Esto es especialmente importante en elementos como vigas o dinteles, donde la resistencia a la flexión es crítica para garantizar la estabilidad estructural.

Además de las propiedades mecánicas, Gómez y Flores (2022) señalan que el adobe reforzado también exhibe una mayor durabilidad en comparación con el adobe convencional. Los aditivos estabilizadores ayudan a reducir la absorción de humedad y aumentan la resistencia al desgaste, lo que contribuye a una mayor vida útil del material. Asimismo, la presencia de refuerzos estructurales mejora la resistencia a los esfuerzos cíclicos, como los producidos por movimientos sísmicos, evitando daños estructurales y prolongando la vida útil de la construcción.

En resumen, el adobe reforzado exhibe propiedades mecánicas mejoradas, como mayor resistencia a la compresión, tracción y flexión, en comparación con el adobe convencional. Estas propiedades se logran mediante la inclusión de aditivos estabilizadores y refuerzos estructurales, que mejoran la cohesión, la resistencia y la durabilidad del material. Estas características hacen del adobe reforzado una opción atractiva para llevar a cabo construcciones resistentes y sostenibles.





CAPÍTULO III

CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS

La construcción de viviendas es un proceso complejo y multidisciplinario que involucra diversas etapas y consideraciones técnicas. Desde la descripción inicial del proyecto hasta la aplicación de normas y leyes vigentes, cada paso es crucial para asegurar viviendas seguras, funcionales y duraderas (Alcívar *et al.*, 2023).

En primer lugar, es fundamental realizar una descripción detallada del proyecto de construcción, que incluya el tipo de vivienda, su distribución espacial, materiales a utilizar y características específicas de diseño. Esta descripción sirve como base para el desarrollo posterior de las etapas constructivas (Prado, 2020).

Mateus-Tuberquia *et al.* (2022) sostienen que la identificación de las características del suelo es otro aspecto crucial en la construcción de viviendas. Mediante estudios geotécnicos, se evalúa la capacidad portante del suelo, su estabilidad y la presencia de posibles riesgos geológicos. Esta información permite determinar el tipo de cimentación y sobrecimentación adecuados, considerando la capacidad de carga del suelo y la distribución de pesos de la estructura.

En el proceso constructivo con adobe, los cimientos y sobrecimientos son fundamentales para brindar estabilidad a la vivienda. Se construyen con una base sólida de concreto o piedra sobre la cual se levantan los muros de adobe. Estos muros se realizan con ladrillos de adobe unidos con mortero de barro y se les da el espesor adecuado. En cuanto al techo, se diseñan estructuras de soporte como vigas de madera o acero, sobre las cuales se coloca una capa aislante y se instalan elementos de soporte del techo, como paneles o tablonces. Luego se reviste el techo con ladrillos de adobe, asegurando una correcta inclinación para el drenaje del agua de lluvia. Estas etapas son esenciales para asegurar viviendas seguras y duraderas (Jerónimo-Vargas *et al.*, 2022).

Por último, en el proceso de construcción de viviendas se deben cumplir con normas y leyes específicas que garantizan la seguridad y calidad de las edificaciones. Estas normas incluyen aspectos técnicos, como el diseño estructural, la resistencia sísmica y la calidad de los materiales, así como leyes que regulan la planificación urbana, licencias de construcción, propiedad horizontal y seguridad laboral (Chica y Llanes, 2021).

En ese sentido, la construcción de viviendas es un proceso complejo que involucra la descripción del proyecto, la identificación de las características del suelo, el proceso constructivo con adobe y el cumplimiento de normas y leyes. Cada etapa, desde la preparación del terreno hasta la finalización del techo, requiere atención detallada, conocimientos técnicos y un enfoque riguroso para asegurar viviendas de calidad, seguras y acordes a las regulaciones vigentes.

3.1. Construcción de viviendas: aspectos fundamentales

De acuerdo con Alcívar *et al.* (2023), la construcción de viviendas es un proceso complejo que requiere la atención minuciosa de diversos aspectos fundamentales. En primer lugar, el diseño estructural se erige como un pilar fundamental en la construcción de viviendas seguras y estables. Los ingenieros civiles deben emplear su experiencia y conocimientos para realizar cálculos precisos y seleccionar los materiales adecuados. Esto implica considerar las cargas verticales y horizontales que la estructura deberá soportar, incluyendo el peso de esta, los muebles, las personas y las posibles fuerzas sísmicas o de viento.

Otro aspecto crucial es la estabilidad del suelo. Antes de iniciar la construcción, se debe llevar a cabo un minucioso estudio geotécnico del terreno. Esto implica evaluar la capacidad del suelo para soportar la carga de la vivienda. Dependiendo de las características del terreno, pueden ser necesarias medidas especiales, como cimentaciones profundas, para garantizar una base sólida y estable (Vanga *et al.*, 2021).

Para Parra *et al.* (2022), los sistemas de cimentación también merecen especial atención. Estos elementos son los encargados de transferir las cargas de la vivienda al suelo. Las zapatas, losas o pilotes son algunas de las opciones disponibles, y su elección dependerá del tipo de suelo y de la estructura a construir. La cimentación debe ser lo suficientemente resistente para evitar el hundimiento diferencial y salvaguardar la integridad de toda la edificación.

En cuanto a los materiales de construcción, Alarcón (2023) determina que deben cumplir con altos estándares de calidad y seguridad. Los ingenieros civiles deben seleccionar cuidadosamente acero estructural, hormigón armado, ladrillos, bloques y otros materiales duraderos y resistentes. Además, deben tenerse en cuenta aspectos como la resistencia al fuego, el aislamiento acústico y térmico, y la protección contra fenómenos naturales, como terremotos y huracanes.

A su vez, García *et al.* (2022) señalan que no se puede pasar por alto la importancia de los sistemas de agua y saneamiento en una vivienda. Los ingenieros civiles deben diseñar sistemas eficientes de abastecimiento de agua potable y de tratamiento y eliminación de aguas residuales. También es necesario considerar medidas para la recolección y reutilización de agua de lluvia, promoviendo la sostenibilidad y el cuidado del medioambiente.

En la actualidad, la eficiencia energética se ha convertido en un aspecto clave en la construcción de viviendas. Se deben emplear materiales y técnicas que reduzcan el consumo de energía, como la incorporación de aislamiento térmico, ventanas de doble acristalamiento y sistemas de iluminación y climatización eficientes. Además, es posible aprovechar fuentes de energía renovable, como paneles solares, para disminuir la dependencia de energías no renovables y promover la sostenibilidad (Chica y Llanes, 2022).

Por supuesto, el cumplimiento normativo es esencial en todo el proceso de construcción. Las viviendas deben cumplir con las normas y regulaciones establecidas a nivel local, estatal y nacional. Los ingenieros civiles deben estar familiarizados con los códigos de construcción vigentes y asegurarse de que la vivienda cumpla con los requisitos de seguridad estructural, accesibilidad, prevención de incendios y demás aspectos exigidos por la legislación (Ortega *et al.*, 2021).

Estos aspectos fundamentales en la construcción de viviendas representan solo una pincelada de la gran cantidad de consideraciones que los ingenieros civiles deben abordar. La planificación minuciosa, el diseño detallado y la supervisión constante son elementos cruciales para asegurar la calidad, la seguridad y la funcionalidad de las viviendas que se construyen.

3.2. Identificación de las características del suelo

La identificación y comprensión de las características del suelo son de vital importancia en la construcción de viviendas. El suelo es el soporte sobre el cual se construirá la vivienda, por lo que su análisis detallado resulta imprescindible. Se deben realizar estudios geotécnicos exhaustivos para evaluar la capacidad del suelo

y comprender su comportamiento ante las cargas que se le impondrán. Estos estudios incluyen la recolección de muestras de suelo en diferentes profundidades y su posterior análisis en laboratorio (Mateus-Tuberquia *et al.*, 2022).

Según Araca *et al.* (2020), una de las características más relevantes del suelo es su capacidad portante, es decir, su resistencia para soportar las cargas que transmitirá la estructura. Esta capacidad depende de factores como la densidad del suelo, su cohesión, su contenido de humedad y su composición granulométrica. Mediante pruebas de laboratorio y ensayos *in situ*, los ingenieros civiles determinan la capacidad portante del suelo y definen los parámetros de diseño para las cimentaciones.

Para Bailón *et al.* (2019), otro aspecto clave es la compresibilidad del suelo, que se refiere a su capacidad para deformarse bajo cargas aplicadas. Algunos suelos pueden presentar una alta compresibilidad, lo que puede ocasionar asentamientos diferenciales en la estructura. Esto es especialmente relevante en áreas con suelos arcillosos o con alto contenido de materia orgánica. Para contrarrestar estos efectos, se pueden utilizar cimentaciones especiales, como pilotes, los cuales transfieren las cargas a capas de suelo más profundas y menos compresibles.

Además, Medina *et al.* (2022) sostienen que es importante considerar la estabilidad del suelo. Algunos suelos pueden ser propensos a deslizamientos o erosiones, lo que puede comprometer la integridad de la estructura. Por eso es necesario evaluar la inclinación del terreno, la presencia de agua subterránea y la vegetación existente para determinar las medidas de estabilización adecuadas. Estas pueden incluir la construcción de sistemas de drenaje, la implementación de muros de contención o la aplicación de técnicas de mejoramiento del suelo.

Asimismo, Abanto (2021) plantea que se deben tener en cuenta las características sísmicas del suelo en zonas propensas a terremotos. Algunos suelos pueden amplificar las ondas sísmicas, lo que aumenta el riesgo de daños estructurales. Los estudios de microzonificación sísmica permiten identificar las propiedades dinámicas del suelo y establecer medidas de diseño apropiadas, como el uso de sistemas de aislamiento sísmico o el ajuste de los parámetros estructurales.

En conclusión, el conocimiento y la identificación de las características del suelo en la construcción de viviendas son esenciales para garantizar una cimentación adecuada y la estabilidad de la estructura. Los estudios geotécnicos, la evaluación de la capacidad portante, la compresibilidad, la estabilidad y las propiedades sísmicas del suelo son aspectos clave que los ingenieros civiles deben abordar con rigurosidad y precisión. Solo a través de un análisis detallado del suelo se pueden tomar las decisiones correctas en cuanto a las cimentaciones y técnicas constructivas, asegurando así la seguridad y durabilidad de las viviendas.

3.3. Proceso constructivo con adobe

Al construir con adobe, es fundamental prestar especial atención a la construcción de los cimientos y sobrecimientos, ya que estos elementos proporcionan una base sólida y estable para la estructura. Además, se debe cuidar la construcción de los muros, utilizando mortero de barro para unir los ladrillos de adobe y asegurar su cohesión. Por último, la construcción del techo también desempeña un papel importante, empleándose vigas de madera y una cobertura adecuada para proteger la vivienda de las inclemencias climáticas. A través de un adecuado proceso constructivo, la utilización de adobe puede brindar viviendas resistentes y confortables, en armonía con el entorno y aprovechando los recursos naturales disponibles (Ortega *et al.*, 2021).

3.3.1. Construcción de cimientos y sobrecimientos

En primer lugar, Medina *et al.* (2022) indican que es fundamental realizar un estudio geotécnico para evaluar las características del suelo donde se construirá la vivienda de adobe. Este análisis permitirá determinar la capacidad portante y las propiedades de compresibilidad del suelo, así como identificar posibles riesgos



de erosión o deslizamientos. Una vez que se haya obtenido la información geotécnica necesaria, se procederá a excavar la zanja para los cimientos. La profundidad y el ancho de la zanja dependerán de las cargas que la estructura deberá soportar, así como de las características del suelo. Es importante asegurar que la base de la zanja sea nivelada y compactada adecuadamente para garantizar una buena distribución de las cargas.

A continuación, se colocarán las bases de hormigón armado sobre la zanja excavada. Estas bases, conocidas como sobrecimientos, proporcionarán una superficie nivelada y resistente sobre la cual se asentarán los ladrillos de adobe. Los sobrecimientos también ayudarán a prevenir la humedad ascendente en la estructura, protegiendo así los ladrillos de posibles daños. Esta sección se construirá utilizando acero de refuerzo y hormigón armado, siguiendo las especificaciones del diseño estructural. Se debe asegurar una adecuada colocación del acero de refuerzo y la correcta dosificación y colocación del hormigón, cumpliendo con las normas y estándares de la ingeniería civil (Ayala *et al.*, 2021).

De acuerdo con Medina *et al.* (2022), al culminar con los sobrecimientos, se procederá a la construcción de los muros de adobe. Para esto, se utilizarán los ladrillos de adobe previamente fabricados, los cuales se unirán entre sí utilizando mortero de barro. Es importante asegurar una buena compactación y nivelación de los ladrillos para garantizar la estabilidad y resistencia de los muros.

En resumen, en el proceso constructivo con adobe, los cimientos y sobrecimientos desempeñan un papel crucial en la seguridad y estabilidad de la estructura. El estudio geotécnico, la adecuada excavación de la zanja, la construcción de los sobrecimientos con hormigón armado y acero de refuerzo, y la construcción de los muros de adobe son los pasos esenciales en esta etapa. El uso de técnicas constructivas adecuadas y el cumplimiento de los estándares de la ingeniería civil garantizarán la durabilidad y resistencia de la vivienda construida con adobe.

3.3.2. Construcción de muro

Aliaga y Gonzales (2020) destacan que el proceso constructivo con adobe en la construcción del muro implica una cuidadosa preparación del sitio donde se llevará a cabo la edificación. Se debe limpiar y nivelar el terreno, eliminando cualquier obstáculo o vegetación que pueda interferir en la construcción. Además, es importante establecer puntos de referencia para garantizar una alineación y nivelación adecuadas durante todo el proceso.

Una vez listo el sitio, se procede a la fabricación de los ladrillos de adobe. La mezcla de arcilla, arena, agua y posibles aditivos se homogeniza minuciosamente para lograr una consistencia adecuada. Esta mezcla se vierte en moldes o marcos de madera o metal, siguiendo las dimensiones establecidas para los ladrillos. Una vez lleno el molde, se compacta la mezcla para eliminar burbujas de aire y se retira el exceso de material. Los ladrillos se dejan secar al aire libre durante un tiempo determinado para adquirir la resistencia necesaria (Suárez *et al.*, 2021).

Al tener secos los ladrillos de adobe, Berrospi (2022) señala que se inicia la construcción del muro. Para ello, se colocan los ladrillos en hileras horizontales, alternando la orientación de las juntas para incrementar la estabilidad y resistencia del muro. Entre cada ladrillo se aplica un mortero de barro preparado previamente. Este mortero, compuesto por arcilla, arena y agua, se mezcla hasta obtener una consistencia adecuada para su aplicación. Se asegura un espesor uniforme de mortero en cada junta, utilizando cuerdas o niveles para garantizar la alineación y verticalidad correctas del muro.

En algunos casos, Suárez *et al.* (2021) indica que se puede incorporar refuerzo estructural al muro de adobe para aumentar su resistencia. Barras de acero, mallas metálicas o fibras naturales se insertan entre las hiladas de ladrillos en el mortero de barro. Este refuerzo proporciona una mayor capacidad de resistencia a la tracción y fortalece la estructura frente a cargas laterales, como las generadas por movimientos sísmicos. Una vez finalizada la construcción del muro de adobe, se hacen los acabados y protecciones correspondientes. Estos pueden incluir revestimientos de barro, pinturas o selladores naturales que protejan el adobe de la humedad y la erosión, al tiempo que brindan un acabado estético.

En conclusión, el proceso constructivo con adobe en la edificación del muro requiere una meticulosa preparación del sitio, la fabricación y secado adecuado de los ladrillos de adobe, la correcta disposición de los ladrillos y la aplicación del mortero de barro, además de la posibilidad de incorporar refuerzos estructurales. Este proceso garantiza la construcción de un muro de adobe sólido, resistente y duradero, aprovechando las cualidades naturales del material para crear una estructura sostenible y estéticamente agradable.

3.3.3. Construcción del techo

De acuerdo con Medina *et al.* (2022), en el proceso constructivo con adobe para la construcción del techo, se deben seguir una serie de pasos técnicos para asegurar la solidez y durabilidad de la estructura. A continuación, se describen detalladamente los aspectos fundamentales de este proceso.

En primer lugar, Ortega *et al.* (2021) sostienen que se debe realizar un análisis de carga y diseño estructural para determinar las dimensiones y características necesarias del techo de adobe. Esto implica considerar factores como el peso propio del techo, las cargas de nieve, viento y otros elementos externos, así como las condiciones sísmicas de la zona. Una vez establecido el diseño, se procede a la construcción de la estructura de soporte del techo. Esto puede incluir vigas de madera o acero, las cuales se colocan estratégicamente para asegurar una distribución adecuada de las cargas. Es fundamental asegurar que las vigas estén debidamente ancladas a los muros de adobe para proporcionar estabilidad y resistencia estructural.

A continuación, se coloca una capa de material aislante sobre las vigas del techo. Esto puede ser una lámina de polietileno u otro material impermeable y aislante, que ayuda a proteger la estructura del techo de la humedad y el deterioro. Sobre el material aislante se colocan los elementos de soporte del techo, que pueden ser paneles de madera, tablones o estructuras metálicas. Estos elementos se disponen en forma de entramado, proporcionando una base sólida para el revestimiento final (Atalaya, 2021).

Para el revestimiento del techo, se pueden utilizar diferentes técnicas y materiales en función de las preferencias y condiciones locales. Una opción común es la utilización de ladrillos de adobe adicionales, los cuales se colocan de manera que formen una cubierta resistente y estéticamente agradable. Estos ladrillos se disponen en hiladas horizontales y se unen entre sí mediante un mortero de barro. Es importante asegurar una correcta inclinación del techo para permitir el drenaje adecuado del agua de lluvia. Esto ayuda a prevenir filtraciones y garantizar la durabilidad de la estructura. Además, se pueden instalar canaletas y bajantes para recolectar y desviar el agua de manera controlada (Aliaga y Gonzales, 2020).

Finalmente, se pueden aplicar acabados sobre el techo de adobe para mejorar su apariencia y protección. Esto puede incluir el uso de revestimientos impermeables, como selladores naturales o pinturas especiales, que protejan el adobe de la humedad y los agentes atmosféricos, al tiempo que brinden un acabado estético.

3.4. Normas peruanas sobre construcción

Como apuntan Silupu *et al.* (2019), en Perú, la construcción de viviendas se rige por una serie de normas y regulaciones que buscan garantizar la seguridad, calidad y durabilidad de las estructuras. Estas normas se basan en estándares internacionales y consideran las características geográficas, climáticas y sísmicas del país. A continuación, se describen las principales normas peruanas enfocadas en la construcción de viviendas.

De acuerdo con Villarreal *et al.* (2021), una de las normas más importantes es la Norma Técnica de Edificaciones (NTE), la cual establece los requisitos técnicos mínimos que deben cumplir las edificaciones en términos de diseño, materiales y construcción. La NTE abarca aspectos como cimentación, estructuras, instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas, así como aspectos de seguridad, prevención de incendios y accesibilidad. Esta norma tiene como objetivo principal asegurar la calidad y seguridad de las viviendas.

En el ámbito de la ingeniería sísmica, Remache (2019) señala que el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) establece los criterios de diseño y construcción para resistir los efectos de los sismos. En Perú, debido a su



ubicación en una zona altamente sísmica, es fundamental cumplir con las disposiciones de este reglamento. El RNE considera aspectos como la zonificación sísmica del país, los coeficientes de diseño, las fuerzas sísmicas y la resistencia de los materiales. El objetivo es garantizar la seguridad y minimizar los daños en caso de un evento sísmico.

Para Gonzales (2022), otra norma relevante es la Norma de Diseño Sismo Resistente de Viviendas de Albañilería No Confinada (NTE.030), la cual se aplica específicamente a la construcción de viviendas de albañilería. Esta norma establece los requisitos para el diseño y construcción de viviendas de este tipo, considerando aspectos como la capacidad de carga de los muros, la resistencia de los materiales, la geometría de los muros y la distribución de los refuerzos. El objetivo es mejorar la capacidad de las viviendas de resistir los esfuerzos sísmicos.

En relación con la calidad de los materiales de construcción, el Instituto Nacional de Defensa Civil (Indeci, 2018) establece normas y especificaciones técnicas para garantizar la idoneidad y durabilidad de los materiales utilizados en la construcción de viviendas. Estas normas abarcan aspectos como la resistencia de los ladrillos, la calidad del concreto, los aceros de refuerzo, entre otros.

Es importante destacar que estas normas son actualizadas y revisadas periódicamente para asegurar su adecuación a los avances técnicos y científicos, así como a las necesidades del país. Además, existen organismos de control y supervisión, como el Organismo Supervisor de la Inversión en Infraestructura de Transporte de Uso Público (Ositran), encargados de verificar el cumplimiento de estas normas y sancionar cualquier incumplimiento (Aburto, 2023).

Además de las normas técnicas y reglamentos mencionados anteriormente, en Perú existen leyes específicas que regulan la construcción de viviendas. Estas leyes establecen los marcos legales y las responsabilidades tanto de los profesionales involucrados en la construcción como de los propietarios de viviendas. A continuación, se mencionan algunas de las leyes más relevantes en este ámbito.

La *Ley de regulación de habilitaciones urbanas y de edificaciones* (Ley N.º 29090, Congreso de la República, 2007) es una de las leyes más importantes en materia de construcción en Perú. Esta ley regula la planificación urbana, el uso del suelo, la zonificación, la edificación y la regularización de las construcciones. La Ley 29090 establece los procedimientos para obtener licencias de construcción, los requisitos para el diseño y construcción de viviendas, así como las obligaciones de los propietarios y constructores. Otra ley significativa es la *Ley de Propiedad Horizontal* (Ley N.º 27157), que regula la propiedad y administración de los edificios en régimen de propiedad horizontal. Esta ley establece los derechos y obligaciones de los propietarios, así como los procedimientos para la constitución, funcionamiento y mantenimiento de los condominios y edificios multifamiliares (Castro, 2021).

En cuanto a la seguridad laboral en la construcción, la *Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo* (Ley N.º 29783) establece las disposiciones para garantizar condiciones seguras y saludables en los lugares de trabajo. Esta ley aplica a todos los trabajadores de la construcción, incluyendo a los empleados, contratistas y subcontratistas. Se enfoca en la prevención de accidentes, la capacitación del personal, la utilización de equipos de protección personal y la responsabilidad de los empleadores en materia de seguridad laboral. Además, el Código Civil de Perú establece las responsabilidades y derechos de los propietarios de viviendas, así como los procedimientos para la construcción, compra y venta de propiedades. Este código regula aspectos como la propiedad, el usufructo, las servidumbres y los contratos de compra y venta (Sabastizagal-Vela *et al.*, 2020).

Es importante destacar que estas leyes y regulaciones se aplican a nivel nacional, pero también existen disposiciones regionales y municipales que complementan y especifican las normas a nivel local. Asimismo, los organismos gubernamentales encargados de la supervisión y control, como los Gobiernos regionales y las municipalidades, tienen la responsabilidad de velar por el cumplimiento de estas leyes y de aplicar las sanciones correspondientes en caso de incumplimiento.

En resumen, en Perú, además de las normas técnicas y reglamentos, existen leyes específicas que regulan la construcción de viviendas. Estas leyes abarcan aspectos como planificación urbana, licencias de construcción, propiedad horizontal, seguridad y salud en el trabajo, y derechos y responsabilidades de los propietarios. El cumplimiento de estas leyes es esencial para garantizar una construcción adecuada, segura y legalmente respaldada.

CAPÍTULO IV

PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNIDADES DE ADOBE REFORZADO CON TALLO DE CEBADA Y LANA DE OVINO

El adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino es una técnica de construcción que combina materiales tradicionales con elementos innovadores a fin de mejorar las propiedades mecánicas de las unidades de adobe. Este enfoque ingenioso busca incrementar la resistencia y durabilidad de las viviendas construidas con adobe, aprovechando las cualidades naturales de la fibra de tallo de cebada y la lana de ovino. Estas fibras se incorporan al proceso de fabricación del adobe, proporcionando refuerzo estructural y mejorando la capacidad de carga, la resistencia al impacto y la capacidad de aislamiento térmico de las unidades. Mediante esta técnica, se logra un equilibrio entre la tradición constructiva y la innovación, ofreciendo viviendas más sólidas y seguras que se adaptan a las demandas de la construcción moderna (Brito-del Pino *et al.*, 2021).

Objetivo general

Determinar las propiedades mecánicas en unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino del distrito de Caracoto.

Hipótesis general

Las propiedades mecánicas mejoran notablemente al emplear el tallo de cebada y lana de ovino en unidades de adobe reforzado del distrito de Caracoto.

Variables

Variable independiente

Adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino

Variable dependiente

Propiedades mecánicas: resistencia a la compresión de la unidad de adobe reforzado, resistencia del ensayo a compresión de pila, resistencia al corte del murete y resistencia a la flexión de la unidad de adobe reforzado.

VARIABLES INTERVINIENTES

Características del suelo, agua, tiempo de hidratación de la tierra, geometría tridimensional del adobe, tiempo de secado del adobe reforzado, mortero y tiempo de secado de la pila y del murete.

Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Título: Determinación de las propiedades mecánicas en unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino del distrito de Caracoto							
Nivel de investigación explicativo							
Tipo de variable	Variables	Dimensiones	Indicadores	Medición o valor final	Tipo	Instrumentos	Norma
Variable independiente Adobe reforzado	Tallo de cebada y lana de ovino	Unidimensional	Porcentaje de adición de tallo de cebada 0.5% y lana de ovino 0.5%	1%	Numérica continua	Balanza electrónica	
			Porcentaje de adición de tallo de cebada 1% y lana de ovino 1%	2%	Numérica continua		
Variable dependiente Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión de unidad de adobe	Multidimensional	f_0	Kg-f/cm ²	Numérica continua	Equipo de compresión uniaxial	RNE: E - 080
	Resistencia del ensayo a compresión de pila	Multidimensional	f_m^*	Kg-f/cm ²	Numérica continua	Máquina de compresión axial	RNE: E - 080
	Resistencia al corte del murete	Multidimensional	f_t^*	Kg-f/cm ²	Numérica continua	Máquina universal	RNE: E - 080
	Resistencia a la flexión del adobe	Multidimensional	f_f	Kg-f/cm ²	Numérica continua	Máquina de prensa universal electrónica	ASTM C 78
Variable interviniente	Características del suelo	Multidimensional	Contenido de humedad	%	Numérica continua	Laboratorio	ASTM D 2216 RNE: E - 050
			Límites de consistencia	%	Numérica continua	Laboratorio	ASTM D 4318 RNE: E - 050
			Análisis granulométrico	%	Numérica continua	Laboratorio	ASTM D 422 RNE: E - 050
			SUCS	Grupo	Categórica nominal	Norma	ASTM D 2487 RNE: E - 050
	Agua	Unidimensional	Calidad	Potable	Categórica nominal	Norma	RNE: E - 080

Título: Determinación de las propiedades mecánicas en unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino del distrito de Caracoto							
Nivel de investigación explicativo							
Tipo de variable	Variables	Dimensiones	Indicadores	Medición o valor final	Tipo	Instrumentos	Norma
Variable interviniente	Tiempo de hidratación de la tierra	Unidimensional	N.º de días	≥ 2 días	Numérica discretas	Calendario	RNE: E - 080
	Geometría tridimensional del adobe	Unidimensional	L	cm	Numérica continua	Flexómetro	RNE: E - 0.80
		Unidimensional	A	cm	Numérica continua		
		Unidimensional	H	cm	Numérica continua		
	Tiempo de secado del adobe	Unidimensional	N.º días	20-30 días	Numérica discretas	Calendario	RNE: E - 0.80
	Mortero	Unidimensional	Tipo	II	Catégorica nominal	Norma	RNE: E - 0.80
	Tiempo de secado de pila y murete	Unidimensional	N.º días	> 28 días	Numérica discretas	Calendario	RNE: E - 080

Nota. Tomado de López (2023)

Método, enfoque, tipo, nivel y diseño de investigación

Este estudio sigue un enfoque cuantitativo utilizando el método hipotético-deductivo. Se clasifica como una investigación básica de nivel explicativo y adopta un diseño experimental.

Población

Se fabricaron unidades de adobe reforzadas con tallo de cebada y lana de ovino en dos grupos con diferentes dosificaciones de aditivos estabilizadores. Estas unidades serán sometidas a ensayos de compresión, corte y flexión.

Muestra

Según la norma E-080 del 2017, se establece la cantidad necesaria de especímenes de adobe reforzado. A continuación, se procede con la descripción detallada de la cantidad:

Tabla 2. Cantidad de adobes reforzados para su elaboración

Para porcentaje del tallo de cebada (T.C.) y lana de ovino (L.O.).	Cantidad de adobes reforzados				
	Resistencia a la compresión del adobe (f ₀)	Resistencia del ensayo a compresión de pila (f _m)	Resistencia al corte de murete (f _t)	Resistencia a la flexión del adobe (f _f)	
0.5% T.C.+0.5% L.O.	1%	6	24	45	6
1% T.C.+1% L.O.	2%	6	24	45	6
SUBTOTAL		12	48	90	12
TOTAL Adobes		162			

Nota. Cada ensayo requiere diferentes cantidades de adobes.



Tabla 3. Número de especímenes por cada ensayo

Para por ceptaje del tallo de cebada (T.C.) y lana de ovino (L.O.)		Número de especímenes para los ensayos mecánicos			
		f0	f m	f t	f f
0.5% T.C.+0.5% L.O.	1%	6	6	6	6
1% T.C.+1% L.O.	2%	6	6	6	6
SUBTOTAL		12	12	12	12
TOTAL especímenes		48			

Nota. Sugiere la norma E-080 seis muestras por ensayo.

Técnicas e instrumentos de investigación

Técnicas

En esta investigación, se utiliza la técnica de observación para analizar las secuencias del experimento. La observación es llevada a cabo de manera intencional y controlada, lo que permite obtener datos medibles. Estos datos son registrados en formatos o fichas técnicas apropiadas del laboratorio, como parte de las técnicas de investigación utilizadas.

Instrumentos

En esta investigación se utilizaron diferentes instrumentos para realizar mediciones y obtener datos. Estos instrumentos incluyen una balanza electrónica, equipos de compresión universales, y varios objetos de laboratorio como taras, bandejas y tamices. Además, se utilizaron herramientas como un flexómetro, guías de normas y un calendario.

En cuanto a la elaboración del adobe reforzado, se emplearon diversas herramientas como pico, pala, zaranda, carretilla, cilindros, manguera de agua, balde, gamera o adobera con dimensiones específicas, regla metálica, plástico azul, manta, estereras y listones metálicos.

Procedimientos

El procedimiento involucra la caracterización del suelo utilizado en la fabricación de adobe reforzado. Para llevar a cabo el estudio de mecánica de suelos (EMS), se recolectó una muestra alterada de 15 kg.

Contenido de humedad

A continuación, se describe el procedimiento seguido en esta investigación:

Se realiza el pesaje del recipiente y se le asigna un número de identificación, el cual se registra como “tara”.

La muestra húmeda se coloca dentro del recipiente previamente pesado, se procede a realizar su pesaje y se registra dicho valor.

A continuación, la tara se coloca en un horno a una temperatura de 100-110 °C durante un período de 24 horas, tal como se aprecia en la Figura 1.

Figura 1. Colocación de la muestra al horno eléctrico para contenido de humedad



Nota. Tomado de López (2023)

Luego, utilizando guantes, se retira la muestra del horno y se deja enfriar.

Por último, se realiza el pesaje del suelo seco junto con el recipiente.

Límite líquido

A continuación, se describe el procedimiento:

La muestra expuesta al sol es secada con anterioridad.

Se usó una charola con combo de goma para disgregar la muestra.

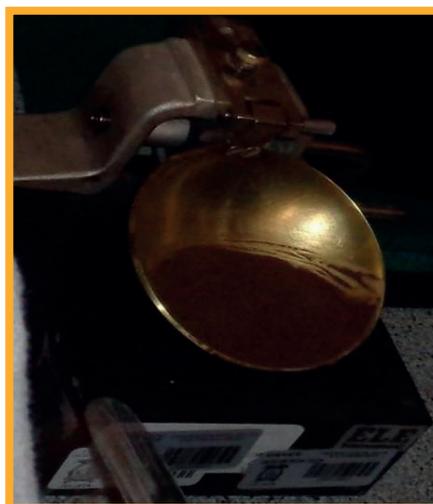
Se prepararon 200 gramos de muestra seca que fueron tamizados a través del tamiz número 40.

Se mezcló la muestra seca con 15-20 ml de agua en un recipiente, y se amasó con una espátula hasta obtener una masa pastosa. Esta masa fue envuelta en plástico y dejada reposar durante 24 horas para lograr una homogeneización.

Una vez completada la homogeneización, es necesario mezclar nuevamente de manera completa antes de comenzar el ensayo.

Se depositó una porción de material en estado pastoso dentro del recipiente de Casagrande, como se observa en la Figura 2, y se extendió hacia abajo en el centro con una espátula hasta obtener un espesor de 1 cm.

Figura 2. Copa de Casagrande



Nota. Colocación de material pastoso a la copa



A continuación, se procede a realizar una ranura en la parte intermedia del dispositivo de Casagrande utilizando el acanalador.

Figura 3. Se realizó el ensayo de límite líquido de acuerdo a su procedimiento



Nota. Tomado de López (2023)

A continuación, se gira la manivela del dispositivo a una velocidad de 1-2 golpes por segundo y se registra el número de golpes necesarios para que las mitades inferiores del aparato se toquen, logrando una separación de 13 mm. El índice de liquidez (LL) se determina a partir del rango de golpes entre 10 y 35 (Figura 3).

Se procedió a delimitar, tanto en forma perpendicular como paralela, la zona de unión de 13 mm para extraer una muestra de dicha unión. Posteriormente, esta muestra se colocó en una tara previamente pesada.

Sin demora, se realizó el pesaje de la muestra húmeda junto con el peso de la tara. Luego, se procedió a colocar esta muestra en el horno.

Después, se llevó a cabo la limpieza tanto del aparato de Casagrande como del ranurador.

Finalmente, una vez que transcurrieron 24 horas, se procede con el retiro de la muestra del horno y se registra su peso en estado seco.

Límite plástico

Se realizó lo siguiente:

Se tamizan 20 gramos de muestra seca utilizando el tamiz número 40.

Se amasa la muestra con agua hasta formar una esfera y se coloca en un recipiente envuelto en plástico para homogeneizar durante 24 horas.

Una vez homogeneizada, se divide la esfera en tres partes y se forman rollitos con un diámetro de 3.2 mm en una placa de vidrio. Estos rollitos deben desmoronarse en fisuras con dicho diámetro.

En caso de que los rollitos no cumplan con el diámetro deseado o no se desmoronen correctamente, se repite el proceso nuevamente.

Posteriormente, los rollitos desmoronados se colocaron en una tara que ya había sido pesada para determinar su peso correspondiente. A continuación, se colocaron en un horno eléctrico.

Después de transcurridas 24 horas, se retiraron los rollitos del horno y se registró su peso en estado seco.

Análisis granulométrico

El procedimiento seguido fue el presentado a continuación:

Se utilizó el método de tamizado por lavado.

La muestra se expuso al sol para secarla.

Se disgregó la muestra en una bandeja utilizando una comba de goma.

Se cuarteó la muestra disgregada para obtener una muestra representativa.

Se pesó la tara correspondiente.

Luego del cuarteo, se pesó la muestra seca representativa de 600 gramos junto con el recipiente.

Se lavó la muestra en la malla número 200 dentro de una bandeja hasta obtener un agua cristalina, con el objetivo de recuperar cualquier partícula que pudiera haberse escapado.

Figura 4. Lavado de la muestra para ensayo granulométrico



Nota. Tamizado por lavado

Después, el espécimen lavado se coloca en un recipiente y se introduce en un horno de secado durante 24 horas.

Posteriormente, se vierte la muestra sobre un conjunto de mallas numeradas del 4 al 200 y se agita manualmente para que las partículas se separen según su tamaño de abertura de mayor a menor.

Figura 5. Se realizó el ensayo de granulometría de acuerdo a su procedimiento



Nota. Tomado de López (2023)

En conclusión, se registraron los pesos de la muestra de suelo retenida en cada uno de los tamices, así como el peso de la base.

Para la elaboración del adobe reforzado, se recolectaron los aditivos estabilizadores naturales, como el tallo de cebada y la lana de ovino, y se pesaron en su totalidad para obtener porcentajes de 1 % y 2 %.



Figura 6. Se acopió tallo de cebada y lana de ovino



Nota. Tomado de López (2023)

Se extrajo una muestra para seleccionar la tierra natural y se realizaron pruebas de campo para evaluar las características del suelo.

Figura 7. Se realizaron las pruebas de campo de acuerdo con sus procedimientos



Nota. Tomado de López (2023)

Además, se recolectaron muestras para llevar a cabo el estudio de Mecánica de Suelos (EMS) en el laboratorio.

Figura 8. Extracción de muestras para EMS en laboratorio



Nota. Tomado de López (2023)

Una vez que se obtuvieron resultados favorables en la selección de tierra, se procedió a retirar la capa superficial que contiene materia orgánica.

Figura 9. Retiro del suelo orgánico



Nota. Tomado de López (2023)

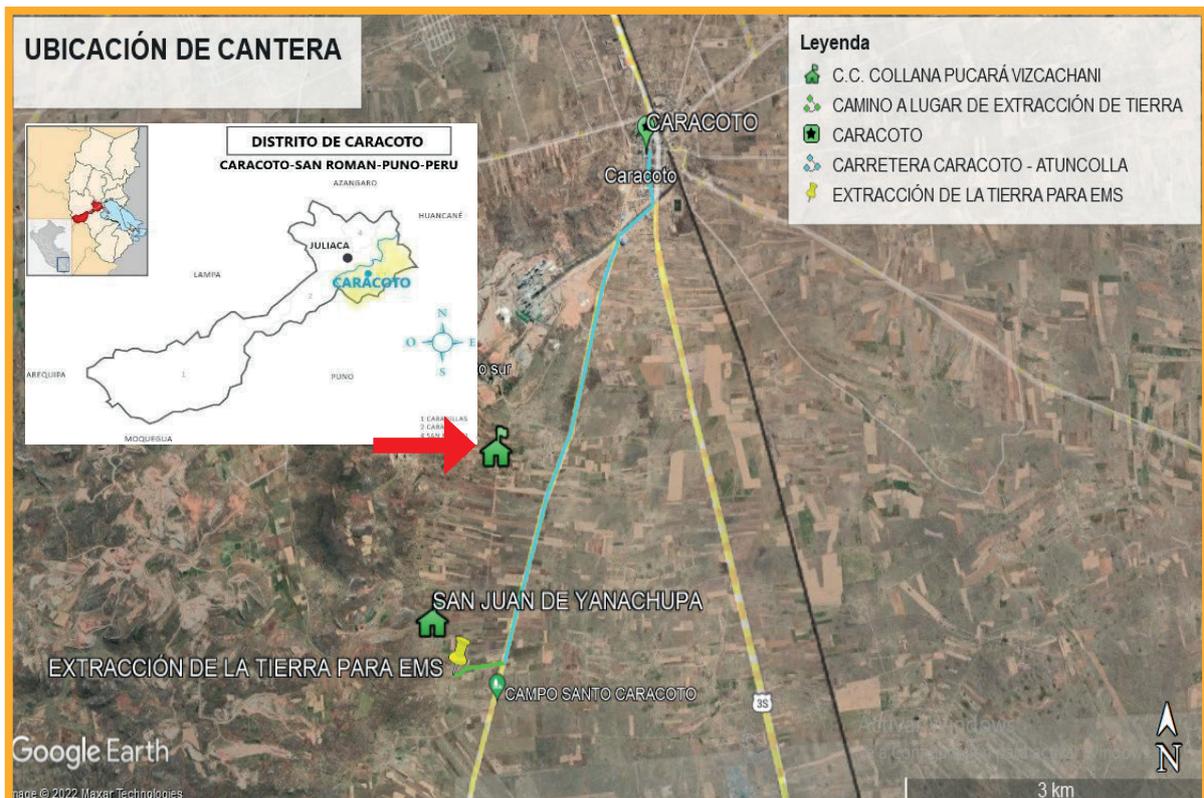
Se realizó una excavación manual en el sector San Juan de Yanachupa de la C.C. Collana Pucará Vizcachani, en el distrito de Caracoto, para extraer la tierra natural.

Tabla 4. Coordenadas UTM de ubicación de cantera

Coordenadas UTM – WGS 84 – Zona 19L		
Descripción	Norte	Este
Punto de ubicación de extracción de tierra para EMS.	8273957.62	379860.46

Nota. Coordenadas del punto de extracción.

Figura 10. Ubicación de lugar de extracción mediante Google Earth



Nota. Tomado de López (2023)



Tras tamizar la tierra natural con una malla número 4, se registró su peso seco como referencia. Se utilizó una pala para medir el peso seco de la tierra tamizada, considerando porcentajes de 1 % y 2 % con relación al peso seco de la muestra.

Figura 11. Zarandeo de la tierra para hacer adobe



Nota. Tomado de López (2023)

La tierra natural se hidrató con agua durante al menos 2 días para activar las propiedades cohesivas de las partículas de arcilla.

Figura 12. Hidratación sostenida de la tierra



Nota. Proceso de hidratación previa

Figura 13. Agua potable de caño



Nota. Almacenamiento de agua

Los moldes se remojaron durante 1 día. Luego, se agregó agua a la tierra hidratada y se mezcló utilizando palas. El barro se colocó junto al barro previamente preparado y se pisoteó con los pies. Este proceso se repitió dos veces más.

Figura 14. Volteo, mezclado y pisado del barro



Nota. Mezclado de barro

Se agregaron aditivos estabilizadores a la mezcla. En el primer caso, se añadió un 0.5 % de tallos de cebada y un 0.5 % de lana de ovino, totalizando un 1 % de aditivos. En el segundo caso, se incorporó un 1 % de tallos de cebada y un 1 % de lana de ovino, sumando un 2 % de aditivos. Esta incorporación se realizó durante el tercer mezclado con palas y pies, asegurando una integración homogénea. Luego, se crearon discos para llevar a cabo pruebas de resistencia de calidad.



Figura 15. *Pesaje de la tierra seca natural*



Nota. Se hizo este pesaje, para realizar las dosificaciones, adicionando el tallo de cebada y lana de ovino a la vez, ya que el resultado de SUCS es CL.

Figura 16. *Pesaje de tallo de cebada y lana de ovino*



Nota. El tallo de cebada es cortado de 5-10 cm porque, aporta una mejor adherencia y proporciona una mezcla homogénea.

Figura 17. *Adición de fibras naturales al barro*



Figura 18. Discos para la prueba de calidad



Nota. Tomado de López (2023)

Tabla 5. Peso de tierra para elaborar 1 adobe de 10 cm x 10 cm x 10 cm sin porcentaje de adición

Peso de la tierra para la elaboración de 1 unidad de adobe sin porcentaje de adición					
Descripción	Und	Peso	10 % desperdicio	5.5% esponjamiento	Peso total
Peso de tierra por unidad de adobe de dimensión 10cmx10cmx10cm	Kg	1.435	0.144	0.079	1.66
Descripción	Und	Palas	10% desp. palas	5.5% esponj. Palas	Total de palas
Peso de tierra por unidad de adobe de dimensión 10cmx10cmx10cm	Pls	0.4375	0.044	0.024	0.51

Nota. Se pesó la tierra natural.

Tabla 6. Peso de tierra para elaborar 1 adobe de 40 cm x 20 cm x 10 cm sin adición

Peso de la tierra para la elaboración de 1 unidad de adobe sin porcentaje de adición					
Descripción	Und	Peso	10 % desperdicio	5.5% esponjamiento	Peso total
Peso de tierra por unidad de adobe de dimensión 40cmx20cmx10cm	Kg	11.480	1.148	0.631	13.26
Descripción	Und	Palas	10% desp. palas	5.5% esponj. Palas	Total de palas
Peso de tierra por unidad de adobe de dimensión 40cmx20cmx10cm	Pls	3.5	0.350	0.193	4.04

Nota. Se pesó la tierra natural.

Tabla 7. Dosificación de 1 % / 1 unidad de adobe en cubo

Dosificación / 1 unidad de adobe reforzado en cubo									
Peso de la tierra para la elaboración de unidad de adobe reforzado con tallo de cebada (T.C.) y lana de ovino (L.O.) de 1% = 0.5% T.C + 0.5% L.O.									
Descripción	Tierra o suelo			Fibras naturales				Agua	
	(1) Peso tierra nat. S/% ad.	(2) Peso de tierra natural	(3) Tierra en palas	(4) (T.C.)	(5) (L.O.)	Potable			
	(1)-((4)+(5))								
	Kg	Kg	Pls	Kg	g	Kg	g	L	ml
Adobe reforzado con dimensión de 10cmx10cmx10cm	1.66	1.64	0.5049	0.008	8.3	0.0083	8.3	0.35	350

Nota. Las proporciones de la tierra varían de acuerdo con la zona.



Tabla 8. Dosificación de 2 % / 1 unidad de adobe reforzado en cubo

Dosificación / 1 unidad de adobe reforzado en cubo									
Peso de la tierra para la elaboración de unidad de adobe con tallo de cebada (T.C.) y lana de ovino (L.O.) de 2% = 1% T.C + 1% L.O.									
Descripción	Tierra o suelo			Fibras naturales				Agua	
	(1) Peso tierra nat. S/% ad.	(2) Peso de tierra natural	(3) Tierra en palas	(4)	(T.C.)	(5)	(L.O.)	Potable	
	(1)-((3)+(4))								
	K g	K g	Pls	K g	g	K g	g	L	ml
Adobe reforzado con dimensión de 10cmx10cmx10cm	1.66	1.63	0.4998	0.0166	16.6	0.0166	16.6	0.35	350

Nota. Las proporciones de la tierra varían de acuerdo con la zona.

Tabla 9. Dosificación de 1 % / 1 unidad de adobe reforzado

Dosificación / 1 unidad de adobe reforzado									
Peso de la tierra para la elaboración de unidad de adobe con tallo de cebada (T.C.) y lana de ovino (L.O.) de 1% = 0.5% T.C. + 0.5% L.O.									
Descripción	Tierra o suelo			Fibras naturales				Agua	
	(1) Peso tierra nat. S/% ad.	(2) Peso de tierra natural	(3) Tierra en palas	(4)	(T.C.)	(5)	(L.O.)	Potable	
	(1)-((4)+(5))								
	K g	K g	Pls	K g	g	K g	g	L	
Adobe reforzado con dimensión de 40cm x 20cm x 10cm	13.26	13.13	4.00	0.0663	66.3	0.0663	66.3	2.8	

Nota. Las proporciones de la tierra varían de acuerdo con la zona, en función del contenido de humedad del suelo.

Tabla 10. Dosificación de 2 % / 1 unidad de adobe reforzado

Dosificación / 1 unidad de adobe reforzado									
Peso de la tierra para la elaboración de unidad de adobe con tallo de cebada (T.C.) y lana de ovino (L.O.) de 2% = 1% T.C. + 1% L.O.									
Descripción	Tierra o suelo			Fibras naturales				Agua	
	(1) Peso tierra nat. S/% ad.	(2) Peso de tierra natural	(3) Tierra en palas	(4)	(T.C.)	(5)	(L.O.)	Potable	
	(1)-((4)+(5))								
	K g	K g	Pls	K g	g	K g	g	L	
Adobe reforzado con dimensión de 40cm x 20cm x 10cm	13.26	12.99	3.96	0.1326	132.6	0.1326	132.6	2.8	

Nota. Las proporciones de la tierra varían de acuerdo con la zona, en función del contenido de humedad del suelo.



Tabla 11. La totalidad de materiales requeridos para elaborar adobes reforzados

La totalidad de materiales requeridos para elaboración de adobes reforzados											
Peso de la tierra o suelo para la elaboración de unidades de adobe reforzado con tallo de cebada (T.C.) y lana de ovino (L.O.) 1%=0.5%T.C.+0.5%L.O. y 2%=1%T.C.+1%L.O.											
Ensayos mecánicos de laboratorio	Dosif.	Tierra seca				Fibras naturales				Agua	
	(T.C.) y (L.O.)	Peso tierra natural	Cant. Adobe	Peso subtotal de tierra	N°	(T.C.)		(L.O.)		Potable	
	%	Kg	Und	Kg	Palas	Kg	Kg	Kg	Kg	L	L
Resistencia a la compresión del adobe (f ₀). Dimensión adobe 10cmx10cmx10cm	1%	1.64	6.00	9.84	3.03	0.0083	0.0498	0.0083	0.0498	0.35	2.1
	2%	1.63	6.00	9.78	3.00	0.0166	0.0996	0.0166	0.0996	0.35	2.1
Resistencia del ensayo a compresión de pila (f _m). Dimensión adobe 40cmx20cmx10cm	1%	13.13	24.00	315.06	96.00	0.0663	1.5912	0.0663	1.5912	2.8	67.2
	2%	12.99	24.00	311.88	95.04	0.1326	3.1824	0.1326	3.1824	2.8	67.2
Resistencia al corte de murete (f _t). Dimensión adobe 40cmx20cmx10cm	1%	13.13	45.00	590.73	180.00	0.0663	2.9835	0.0663	2.9835	2.8	126
	2%	12.99	45.00	584.77	178.20	0.1326	5.967	0.1326	5.967	2.8	126
Resistencia a la flexión del adobe (f _f). Dimensión adobe 40cmx20cmx10cm	1%	13.13	6.00	78.76	24.00	0.0663	0.3978	0.0663	0.3978	2.8	16.8
	2%	12.99	6.00	77.97	23.76	0.1326	0.7956	0.1326	0.7956	2.8	16.8
Subtotal del 1%				994.40	303.03	5.022		5.022		212.1	
Subtotal del 2%				984.39	300.00	10.045		10.045		212.1	
Total				1978.785	603.03	15.067		15.067		424.2	

Nota. Las proporciones de la tierra varían de acuerdo con la zona.

Antes de moldear, se llevó a cabo una prueba de campo para medir el contenido de humedad.

Figura 19. Se hizo prueba de campo de contenido de humedad de acuerdo a su procedimiento



Nota. Prueba de contenido de humedad



Se niveló y compactó el área de trabajo antes de 1 día del moldeado, y se colocó una capa aislante de arena fina o ceniza.

Figura 20. *Colocación de capa aislante con ceniza*



Nota. Primero se hizo la limpieza y se colocó la ceniza.

Se colocó un cobertor llamado tendal sobre el área de trabajo para proteger el adobe moldeado. Se realizó la prueba de contenido de humedad y se humedecieron las caras interiores de la adobera. Se espolvoreó arena fina o ceniza sobre la adobera para prevenir la adherencia del barro. Estos pasos se repiten en cada uso de la adobera para mantener condiciones óptimas.

Figura 21. *Se sumergió y humedeció la adobera*



Nota. Humedecimiento de la gravera para el moldeo.

La mezcla de barro se llevó en una carretilla al área de moldeado y se vertió cuidadosamente en la adobera. Se aplicó la fuerza necesaria para lanzar el barro dentro de la adobera de forma precisa y controlada, asegurándose de llenarla por completo.

Se compactó el barro en la adobera utilizando los puños para eliminar espacios vacíos. Se niveló y alisó la superficie del barro con las manos, retirando el exceso si era necesario. Para obtener un acabado uniforme, se utilizó una regla metálica o una madera húmeda para alisar la superficie del barro.

El adobe se desmoldeó levantando suavemente la adobera de su asa en una posición vertical, evitando deformar el adobe.

El adobe se dejó secar a la sombra bajo el cobertor durante 3 días para prevenir la formación de grietas en su superficie.

Figura 22. Cobertor para el secado del adobe reforzado



Nota. Secado de los adobes bajo sombra.

Al día 4, se quitó el cobertor y se permitió que el adobe se secase al aire libre con el calor natural. Al día 5, los adobes se voltearon y se colocaron de canto de forma vertical, permitiendo que se sequen completamente durante al menos 24 días adicionales.

Figura 23. Volteo de adobes poniéndoles de canto



Nota. Parar los adobes para complementar su secado.

Después de transcurridos 30 días, los adobes reforzados se consideraron aptos para ser apilados y utilizados según su uso correspondiente.

Además, se llevó a cabo una prueba de resistencia en campo para evaluar su desempeño.

Figura 24. Prueba de resistencia en campo del 1 % y 2 % de dosificación



Nota. Resistencia en campo del adobe



Además, se procedió a realizar el ensayo de laboratorio para evaluar la resistencia a compresión del adobe reforzado.

Para la elaboración de pilas de ensayo con adobe reforzado

- La tierra natural fue tamizada en la malla número 4 para obtener un mortero de calidad.
- La tierra natural se hidrató durante al menos 2 días antes de su uso.

Figura 25. *Hidratación de la tierra para mortero*



Nota. Hidratación previa

- Se preparó el mortero tipo II siguiendo los mismos pasos utilizados para fabricar los adobes reforzados.

Figura 26. *Preparación de mortero tipo II*



Nota. Preparado del mortero

Tabla 12. *Dosificación para mortero por pila de adobe reforzado de 1 %*

Dosificación de mortero / 1 pila de adobe reforzado							
Peso de la tierra para elaborar pilas de 1% = 0.5% T.C. + 0.5% L.O.							
Descripción	Tierra o suelo		Fibras naturales				Agua
	Peso de tierra	Tierra en palas	T.C.		L.O.		Potable
	Kg	Pls	Kg	g	Kg	g	L
Pila con adobe reforzado	7.88	2.4	0.03978	39.78	0.03978	39.78	1.68

Nota. La proporción de tierra varía en función de las juntas.

Tabla 13. Dosificación para mortero por pila de adobe reforzado de 2 %

Dosificación de mortero / 1 pila de adobe reforzado							
Peso de la tierra para elaborar pilas de 2% = 1% T.C. +1% L.O.							
Descripción	Tierra o suelo		Fibras naturales				Agua
	Peso de tierra	Tierra en palas	T.C.		L.O.		Potable
	Kg	Pls	Kg	g	Kg	g	L
Pila con adobe reforzado	7.80	2.38	0.07956	79.56	0.07956	79.56	1.68

Nota. La proporción de tierra varía en función de las juntas.

Tabla 14. Totalidad de los materiales requeridos para preparar mortero

La totalidad de los materiales requeridos para preparar mortero										
Peso de la tierra para elaborar pilas con adobe reforzado con tallo de cebada (T.C.) y lana de ovino (L.O.) de 1% = 0.5% T.C. + 0.5% L.O. y lana de ovino L.O. y 2% =1% T.C. + 1% L.O.										
Descripción	Dosif.	Tierra o suelo				Fibras naturales				Agua
	T.C. y L.O.	Peso de tierra	Cant. Adobe	Peso subtotal de tierra	N°	(T.C.)		(L.O.)		Potable
	%	Kg	Und	Kg	Palas	Kg	g	Kg	g	L
Para hacer 6 pilas de cada porcentaje	1%	7.88	6	47.26	14.40	0.23868	238.68	0.23868	238.68	10.08
	2%	7.80	6	46.78	14.25	0.47736	477.36	0.47736	477.36	10.08
	Total			94.04	28.65		716.04		716.04	20.16

Nota. La proporción de tierra varía en función de las juntas.

- Se llevó a cabo la limpieza exhaustiva del área de trabajo para asegurar que estuviera completamente nivelada.
- Se escogieron cuidadosamente los adobes reforzados más uniformes y consistentes.
- Se humedecieron las caras de los adobes reforzados que iban a estar en contacto con el mortero, sumergiéndolos en agua durante un periodo de 15 a 30 segundos.

Figura 27. Remojo de las caras del adobe reforzado



Nota. Humedecer para su adherencia



- Se procedió a aplicar una capa de mortero de 0.5 cm de espesor sobre el adobe previamente humedecido, para asentar la siguiente unidad de adobe reforzado.
- Se verificó la verticalidad y horizontalidad de la pila en construcción utilizando un nivel de mano y/o plomada.
- Se realizó la limpieza del área circundante de la pila construida y se tomaron precauciones para evitar movimientos y un secado rápido debido a la exposición al viento y al sol intenso.
- A continuación, se dejó que la pila construida se secase durante al menos 28 días.

Figura 28. Secado de pilas de adobe reforzado



Nota. Secado de pilas del 1 % y 2 % de dosificación

- Las pilas fueron sometidas a un ensayo de laboratorio para evaluar su resistencia a la compresión.

Para la elaboración de muretes de ensayo de corte con adobes reforzado

- La tierra natural se zarandeó y se hidrató para preparar el mortero tipo II.

Tabla 15. Dosificación de mortero por murete de adobe reforzado de 1 %

Dosificación de mortero / 1 murete de adobe reforzado							
Peso de la tierra para elaborar murete de 1% = 0.5% T.C. + 0.5% L.O.							
Descripción	Tierra o suelo		Fibras naturales				Agua
	Peso de tierra	Tierra en palas	T.C.		L.O.		Potable
	Kg	Pls	Kg	g	Kg	g	L
Murete con adobe reforzado	19.03	5.8	0.096135	96.135	0.096135	96.135	4.06

Nota. La proporción de tierra varía en función de las juntas.

Tabla 16. Dosificación de mortero por murete de adobe reforzado de 2 %

Dosificación de mortero / 1 murete de adobe reforzado							
Peso de la tierra para elaborar murete de 2% = 1% T.C. + 1% L.O.							
Descripción	Tierra o suelo		Fibras naturales				Agua
	Peso de tierra	Tierra en palas	T.C.		L.O.		Potable
	Kg	Pls	Kg	g	Kg	g	L
Murete con adobe reforzado	18.84	5.7	0.19227	192.27	0.19227	192.27	4.06

Nota. La proporción de tierra varía en función de las juntas.

Tabla 17. Totalidad de los materiales requeridos para mortero

La totalidad de los materiales requeridos para preparar mortero										
Peso de la tierra para elaborar muretes con adobe reforzado con tallo de cebada (T.C.) y lana de ovino (L.O.) de 1% = 0.5% T.C. + 0.5% L.O. y lana de ovino L.O. y 2% = 1% T.C. + 1% L.O.										
Descripción	Dosif.	Tierra o suelo				Fibras naturales				Agua
	T.C. y L.O.	Peso de tierra	Cant. Adobe	Peso subtotal de tierra	N°	(T.C.)		(L.O.)		Potable
	%	Kg	Und	Kg	Palas	Kg	g	Kg	g	L
Para hacer 6 muretes de cada porcentaje	1%	19.03	6	114.21	34.80	0.57681	576.81	0.57681	576.81	10.08
	2%	18.84	6	113.05	34.45	1.15362	1153.62	1.15362	1153.62	10.08
Total				227.26	69.24		1730.43		1730.43	20.16

Nota. La proporción de tierra varía en función de las juntas.

- Se limpió el área de trabajo y se seleccionaron los adobes reforzados más rectos. Se humedecieron las caras del adobe en contacto con el mortero.
- Se fabricaron los muretes de adobe de dimensiones 62 cm x 62 cm x 20 cm. El proceso incluyó colocar mortero en una superficie plana con un ancho de 20 cm y una longitud de 62 cm, con un espesor de 2 cm. Se verificó la horizontalidad con nivel y la verticalidad con plomada durante la construcción de los muretes.

Figura 29. Verificación de la horizontalidad y verticalidad del murete



Nota. Control del murete



- Después de eso, se tomó precaución de no mover los muretes de adobe durante el proceso de secado. A continuación, se permitió que los muretes de adobe se secan de forma natural durante un período de al menos 28 días, aprovechando el calor ambiente.

Figura 30. *Secado de los muretes*



Nota. *Control del secado de muretes*

- Finalmente, las muestras fueron sometidas al ensayo de laboratorio.

Para el ensayo de resistencia a la compresión de adobes reforzados

- Se verificó la regularidad de los adobes midiendo su altura y corrigiendo las variaciones con una capa delgada de yeso. Esto garantizó una distribución uniforme de la carga en toda el área de contacto. La cara inferior de los adobes ya estaba nivelada debido al proceso de moldeado. Después, los adobes se dejaron secar durante un día para que el yeso y el adobe se solidificaran adecuadamente.

Figura 31. *Uniformizado con capa delgada de yeso la cara superior de los cubitos de adobe*



Nota. *El tapado llamado como capping a base de yeso.*

- Las 12 muestras de cubos de adobe reforzado fueron llevadas al laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV. Se incluyeron 6 muestras de cada porcentaje en el traslado.

Figura 32. Cubos de adobe reforzado de 6 muestras de 1 % y 6 muestras de 2 %



Nota. Cubos de adobe para ensayo de laboratorio

- Se preparó la máquina de compresión, se colocaron las muestras de adobe en las placas y se aplicó una carga continua y uniforme. Se siguieron parámetros específicos de carga y duración del ensayo para obtener resultados precisos y comparables.

Figura 33. Ensayo de compresión de cubos de adobes reforzados de 1 % y 2 %



Nota. Tomado de López (2023)

- Se recomienda mantener constante la velocidad de aplicación de carga hasta que falle la muestra de adobe. Posteriormente, se registraron los resultados de resistencia a la compresión de cada unidad de adobe reforzado y se procedió a limpiar el área.

Para el ensayo de resistencia a compresión de pila hecho con adobe reforzado

- Se verificó la regularidad de la pila y se aplicó una capa de yeso para nivelarla. Se dejó secar durante un día.

Figura 34. Colocación de una capa delgada con yeso la cara superior de las pilas de 1 % y 2 %



Nota. Nivelado de la superficie con yeso



- Se trasladaron al laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV las 12 muestras de pila, distribuidas en 6 muestras para cada porcentaje.
- Se preparó la máquina de compresión y se procedió a limpiar las placas.
- Cada muestra de pila fue colocada en la máquina de compresión.
- Sobre cada pila instalada en la máquina de compresión se colocó una placa.
- Posteriormente, se aplicó una carga continua y sin impactos a cada pila hasta que se produjera el fallo.

Figura 35. *Ensayo de resistencia a compresión de pilas de 1 % de dosificación*



Nota. Ensayo a compresión de pilas en laboratorio

Figura 36. *Ensayo de resistencia a compresión de pilas de 2 % de dosificación*



Nota. Ensayo a compresión de pilas en laboratorio

- Se registraron los resultados de resistencia a la compresión de cada pila y se procedió a limpiar el área de ejecución del ensayo.



Para el ensayo de resistencia al corte de muretes con adobe reforzado.

- Se llevó a cabo el calado de las dos esquinas opuestas o diagonales de todos los muretes para asegurar un ajuste adecuado en los cabezales inferior y superior.

Figura 37. Calado de esquinas de los muretes



Nota. Para encajar a la máquina de ensayo de corte

- Se preparó la máquina de ensayo y se colocó la muestra de murete de adobe reforzado en el cabezal inferior de la máquina. La muestra fue alineada verticalmente en el cabezal superior, y se colocaron protectores de goma en ambos cabezales.

Figura 38. Proceso de colocación del murete a la máquina de ensayo



Nota. Colocar el murete entre varias personas

- Se realizó la colocación y ajuste del murete utilizando el cabezal superior y el pistón de carga.



Figura 39. Ajuste del murete en la máquina de ensayo



Nota. Acomodamiento del murete

- Se ejerció una carga sobre el murete utilizando una gata, aplicando una fuerza continua y con una velocidad constante hasta que el murete ensayado se rompió.

Figura 40. Ensayo de resistencia al corte del murete de 1 % de dosificación



Nota. Murete con 1 % de dosificación

Figura 41. Ensayo de resistencia al corte del murete de 2 % de dosificación



Nota. Murete con 2 % de dosificación

- Finalmente, se tomaron registros de los resultados de resistencia al corte de cada uno de los muretes ensayados, y se procedió a limpiar el área de ejecución del ensayo.

Para el ensayo de resistencia a la flexión en unidades de adobe reforzado

- En primer lugar, se seleccionaron cuidadosamente los adobes reforzados más regulares disponibles con el objetivo de uniformizar las caras superior e inferior, especialmente en las áreas donde se apoyan los elementos de aplicación y soporte de carga. Esto se llevó a cabo utilizando un badilejo.
- A continuación, se trasladaron las 12 muestras de adobe reforzado al laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV, dividiéndolas en 6 muestras para cada porcentaje.
- Luego, se preparó la máquina de ensayo para colocar la placa de carga rígida en el eje central.

Figura 42. Disponibilidad de la máquina de ensayo de flexión



Nota. Máquina de ensayo de flexión

- Después, se procedió a colocar cada muestra de adobe para ensayar en la placa de carga rígida, asegurándose de que estuvieran bien compartidas en los extremos a una distancia de 2.5 cm y centradas.
- Luego, se ubicó la placa de acero superior en el eje central del cabezal de la máquina universal.
- A continuación, se aplicó una carga de forma continua hasta que el adobe reforzado falló.

Figura 43. Ensayo de resistencia a la flexión de las unidades de adobe reforzado de 1 % de dosificación



Nota. Foto del ensayo de resistencia a la flexión



Figura 44. Ensayo de resistencia a la flexión de las unidades de adobe reforzado de 2 % de dosificación



Nota. Foto del ensayo de resistencia a la flexión

- Por último, se registraron los resultados de cada muestra de adobe reforzado y se llevó a cabo la limpieza del área donde se realizó el ensayo.

Diseño de contrastación de hipótesis

Paso 1

Formular la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1).

Paso 2

Presentación e interpretación de los resultados.

Análisis y discusión de los resultados de la investigación.

Resultados de las pruebas de campo y ensayos de laboratorio antes de la elaboración de unidades de adobe reforzado.

Resultados de las pruebas de campo.

Resultado de la prueba de cinta de barro: la cinta de barro se rompió en 15 cm al ser dejada descolgar, considerando que la longitud total de la cinta era de 21.5 cm.

Decisión de rechazar o no rechazar la hipótesis nula (H_0).

Figura 45. Medición de las longitudes de la cinta de barro



Nota. Realizando la medición.



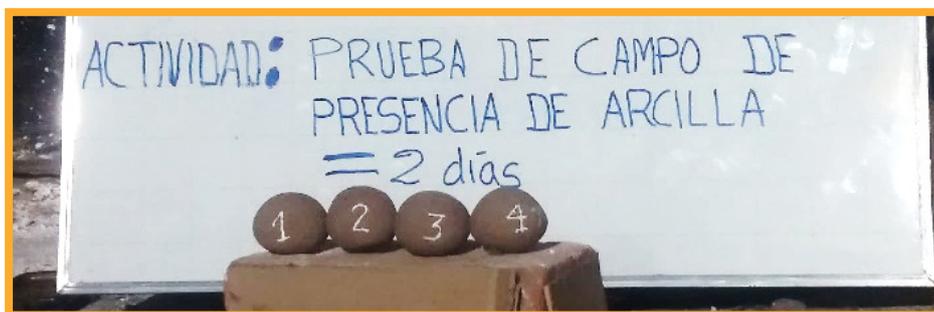
Después de realizar la prueba, se observó que la cinta de barro se rompió a lo largo de 15 cm. Esta ruptura indica que el suelo utilizado tiene una alta presencia de arcilla y es de buena calidad para la fabricación de adobes. En resumen, el suelo cumple con los criterios establecidos en la norma E-080.

Resultado de la prueba de presencia de arcilla

Después de presionar firmemente con los dedos índice y pulgar durante 2 días de secado, se observó que las 4 bolitas de tierra no presentaron ninguna rotura, fractura o grieta.

Según la interpretación, esto indica que el suelo utilizado en la prueba contiene una cantidad adecuada de arcilla y es apto para ser utilizado en la fabricación de adobes. En otras palabras, cumple con los requisitos establecidos en la Norma E-080.

Figura 46. Las 4 bolitas para la prueba de presencia de arcilla



Nota. Prueba in situ de presencia de arcilla

Figura 47. La 1.^a y 2.^a bolita de la prueba de presencia de arcilla



Nota. Se presiona con los dedos índice y pulgar

Figura 48. La 3.^a y 4.^a bolita de la prueba de presencia de arcilla

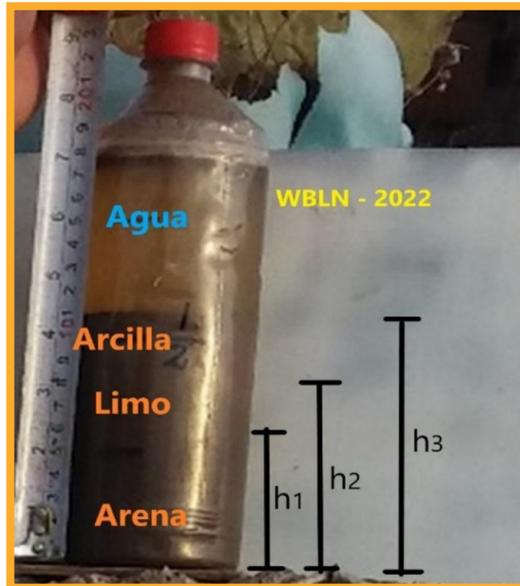


Nota. Se presiona con los dedos índice y pulgar

Resultado de la prueba de botella. Los resultados obtenidos al realizar la prueba granulométrica de botella fueron los siguientes:



Figura 49. La prueba granulométrica de botella



$$\% \text{ arcilla} = \left(\frac{h_3}{h_{\text{total}}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ limo} = \left(\frac{h_2}{h_{\text{total}}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ arena} = \left(\frac{h_1}{h_{\text{total}}} \right) \times 100$$

Nota. h1, h2 y h3 son la altura de cada estrato

Tabla 18. Prueba de botella

Prueba granulométrica de botella					
descripción	Rango	Altura (cm)	Resultado en (%)	Verificación	
Arcilla	10-20%	h3	10.80	30.6	x
Limo	15-25%	h2	7.50	18.5	Ok
Arena	55-70%	h1	5.50	50.9	x
Total				100.0	

Nota. Gradación del suelo

La interpretación de acuerdo con la norma E-080 es la siguiente: se encontró una ligera variación en el contenido de arcilla, el contenido de limo está dentro del rango aceptable y el contenido de arena muestra una variación mínima. Esto indica que el suelo necesita ser mejorado con un aditivo estabilizante antes de ser utilizado en la fabricación de adobes.

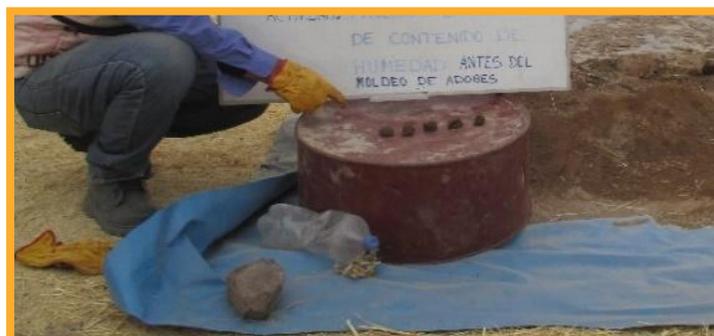
Figura 50. Medición de estratos de la prueba de botella



Nota. Se realiza la medición con flexómetro

Resultado de la prueba de contenido de humedad. Durante la realización del ensayo de contenido de humedad, se observó que la bola de tierra se fragmentó en cinco piezas.

Figura 51. Desarrollo de la prueba de contenido de humedad



Nota. Se realiza esta prueba in situ.

La interpretación: al dividirse la bola de tierra en cinco fragmentos, se confirma que el contenido de humedad es adecuado y cumple con los requisitos establecidos en la Norma E-080.

Resultados de los ensayos de laboratorio

Resultado del ensayo de contenido de humedad. Se registró un contenido de agua del 12.43 % en el suelo analizado.

Tabla 19. Contenido de agua

Contenido de humedad ASTMD 2216		
Descripción	Und.	Valor
Suelo húmedo + tarro	g	308.54
Suelo seco + tarro	g	279.38
Peso del tarro	g	44.73
Peso del agua	g	29.16
Peso del suelo seco	g	234.65
Humedad	%	12.43
	Humedad (W)	12.43 %

Nota. Contenido de humedad del suelo

La interpretación: el suelo exhibe un contenido de humedad del 12.43 %, lo que implica que se necesitará añadir una cantidad reducida de agua en comparación con el agua establecida en el diseño para la etapa de mezclado. En resumen, se requiere menos agua debido a la humedad preexistente en el suelo.

Resultado del ensayo de límites. Durante la realización de este experimento de laboratorio, se lograron obtener los siguientes resultados/observaciones/información:

Tabla 20. Resultados del ensayo de límites

Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad
34.48 %	22.74 %	11.73 %

Nota. Resultado de LL, LP y IP



La interpretación: El suelo analizado presenta un límite líquido de 34.48 %, lo cual indica que tiene un bajo grado de expansión o hinchamiento. Además, el índice de plasticidad es de 11.73 %, lo que indica un bajo potencial de hinchamiento. Estos valores sugieren que el suelo tiene una capacidad limitada para expandirse o contraerse en respuesta a cambios en la humedad.

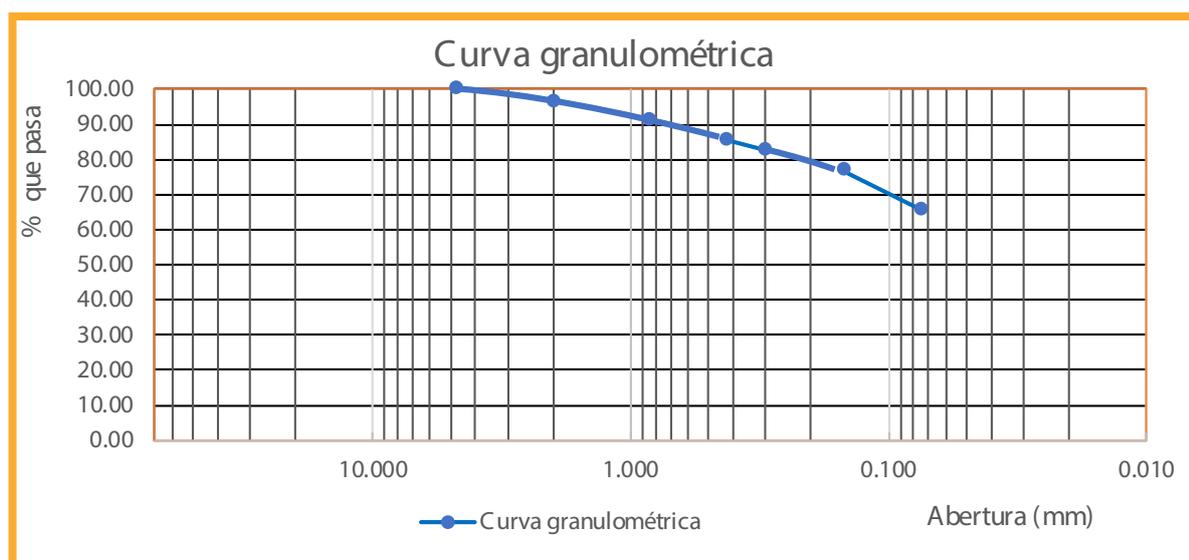
Resultado del ensayo de análisis granulométrico. Se obtuvo:

Tabla 21. De análisis granulométrico

Descripción	Tamices ASTM	Abertura mm	Peso retenido	% retenido parcial	% retenido acumulado	% que pasa	Características del suelo
Grava gruesa	3"	75.000					Descripción de muestra P.I.= 600.00 P.L.= 204.81 P.P.= 395.19 % W= 12.43 Límites de consistencia L.L.= 34.48 L.P.= 22.74 I.P.= 11.73 I.P.C.= 10.57
	2 1/2"	63.000					
	2"	50.000					
	1 1/2"	38.100					
	1"	25.000					
	3/4"	19.000					
	1/2"	12.500					
	3/8"	9.500					
	1/4"	6.300					
	Arena gruesa	N° 4	4.750	0.00	0.00	0.00	
N° 8		2.360					
N° 10		2.000	21.03	3.51	3.51	96.50	
N° 16		1.180					
N° 20		0.850	32.34	5.39	8.90	91.11	
N° 30		0.600					
N° 40		0.425	32.88	5.48	14.38	85.63	
N° 50		0.300	17.22	2.87	17.25	82.76	
N° 60		0.250					
N° 80		0.180					
Limos y arcillas	N° 100	0.150	35.64	5.94	23.19	76.82	
	N° 200	0.075	65.70	10.95	34.14	65.87	
Limos y arcillas		Base	395.19	65.87	100.00	0.00	
		Total	600.00	100.00			
		% pérdida	65.87				

Nota. Distribución granulométrica del suelo

Figura 52. Curva granulométrica

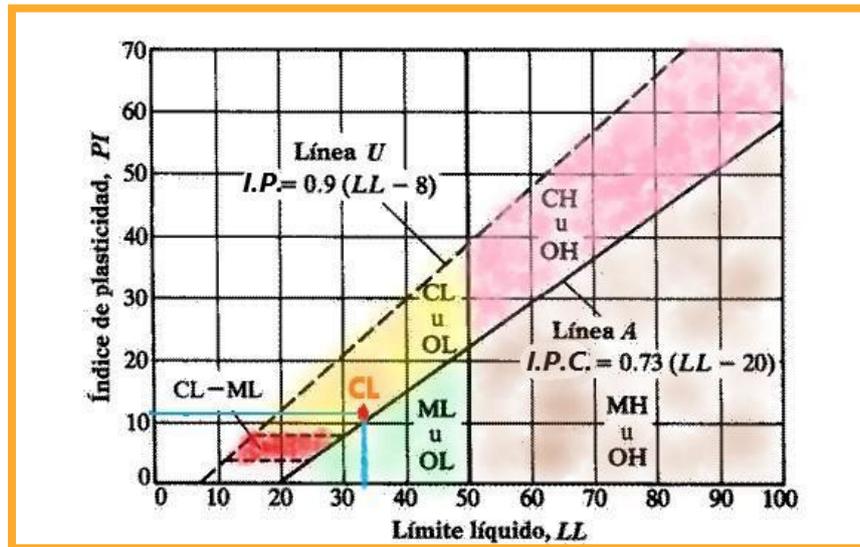


Nota. Curva entre la abertura vs. % que pasa

La interpretación: se identificó que el 34.14 % del suelo analizado corresponde a arena, mientras que el 65.87 % está compuesto por arcilla y limo. Estos valores no cumplen con los rangos de gradación recomendados por la norma E-080 del 2006, que establece que la arcilla debe estar entre el 10 % y el 20 %, el limo entre el 15 % y el 25 %, y la arena entre el 55 % y el 70 %

Resultado de la clasificación del suelo. Se realizó la clasificación de suelos por SUCS en referencia a la carta de plasticidad de Casagrande.

Figura 53. Clasificación según la carta de plasticidad de Casagrande



Nota. Proyección de los resultados de LL vs IP

El suelo se clasifica como CL, que incluye arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas limosas, arcillas arenosas y arcillas gravosas, según los resultados del ensayo de límites de Atterberg y la granulometría.

Resultados de las pruebas de campo y ensayos de laboratorio después de la elaboración de unidades de adobe reforzado

Pruebas de campo sobre resistencia en las unidades de adobe reforzado. Se aplican dos pruebas de resistencia.

Resultado de la prueba de calidad de resistencia para el adobe reforzado en campo. Tras 2 días, ningunos de los discos se quebraron, tanto el de 1% como el de 2%.

Figura 54. Desarrollo de la prueba de calidad en los discos de dosificaciones del 1 % y 2 %



Nota. Resultados óptimos de la prueba de calidad



La interpretación: la calidad de resistencia alta se mide al comprobar que los 10 discos no se quebraron. Esta indicación se fundamenta en la investigación de Morales *et al.* (1993).

Resultado de la prueba de resistencia del adobe reforzado en campo. Se ejecutó la prueba de resistencia, considerando las dosificaciones en un peso de 80 kg y ambas resistieron al proceso.

Figura 55. Prueba de resistencia en adobes con 1 % y 2 % de T.C. y L.O.



Nota. Resultados óptimos en las dos dosificaciones

La interpretación: al ejecutar la prueba en dos dosificaciones (1 % y 2 %, respectivamente) con un peso de 80 kg en 1 min, se observa que dichos objetos no se quebraron, entonces se considera que las dosificaciones son resistentes y aptas para su utilidad. Esta descripción se corrobora en el estudio de Morales *et al.* (1993).

Ensayos de laboratorio sobre resistencias en unidades de adobe reforzado. Se abordaron cuatro ensayos de resistencia.

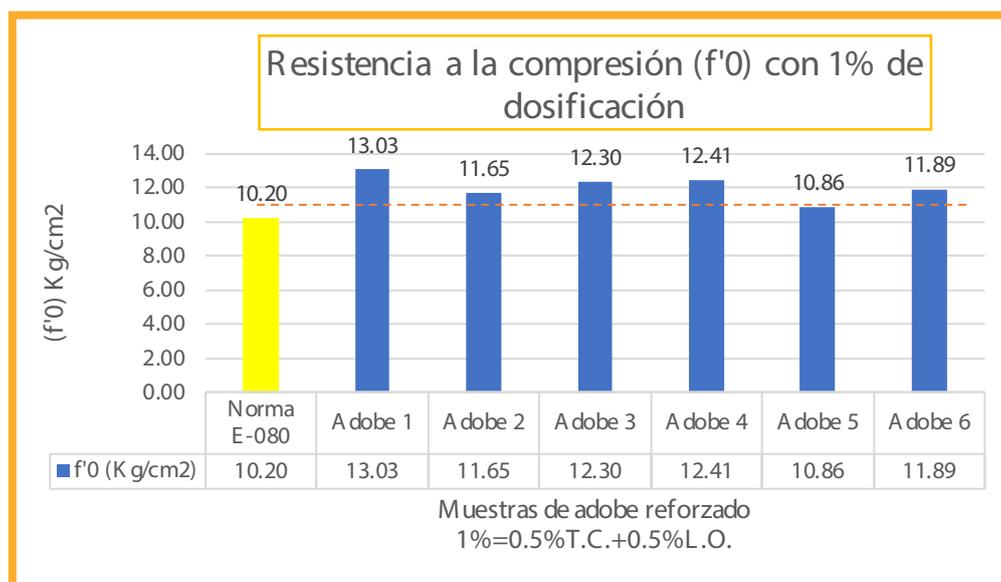
Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de las unidades de adobe reforzado. Se están presentando los resultados de dosificaciones del 1 % y 2 % en los datos obtenidos.

Tabla 22. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del 1 % de dosificación

Ensayo de resistencia a la compresión del adobe								
E-080, 2017								
Muestras: Unidades de adobe reforzado con 1% = 0.5% tallo de cebada + 0.5% lana de ovino								
Adobes de cubo (10 cm x 10 cm x 10 cm)								
Procedencia: C.C. Pucará Vizcachani - Caracoto - San Roman - Puno - Peru								
Fecha de elaboración: 18-08-2022			Fecha de ensayo: 15-09-2022			E dad: 28 días		
N°	Largo	Ancho	Área bruta	Carga	Esf. R otura	f0	%	Verificación
	cm	cm	cm2	K g	K g/cm2	K g/cm2		
1	10.05	10.08	101.30	1320	13.03	10.20	27.75%	Ok
2	10.08	10.13	102.11	1190	11.65	10.20	14.26%	Ok
3	10.02	10.06	100.80	1240	12.30	10.20	20.60%	Ok
4	10.15	10.08	102.31	1270	12.41	10.20	21.70%	Ok
5	10.22	10.45	106.80	1160	10.86	10.20	6.49%	Ok
6	10.11	10.23	103.43	1230	11.89	10.20	16.59%	Ok
Promedio K g/cm2					12.03		17.90%	Ok

Nota. Resultados satisfactorios según verificación

Figura 56. Resultados del comportamiento de la $f'0$ de unidades de adobe con 1 % de dosificación



Nota. Gráfica comparativa de resultados óptimos

Interpretación: las resistencias a la compresión de las unidades de adobe reforzado con una proporción del 1 % de tallo de cebada y lana de ovino (0.5%T.C+0.5%L.O.), como se muestra en la Tabla 22 y Figura 65, son mayores al valor mínimo requerido de $f'0 = 10.20 \text{ kg/cm}^2$ según la norma E-080. Esto indica que estas unidades de adobe reforzado cumplen con el parámetro de resistencia establecido por la norma.

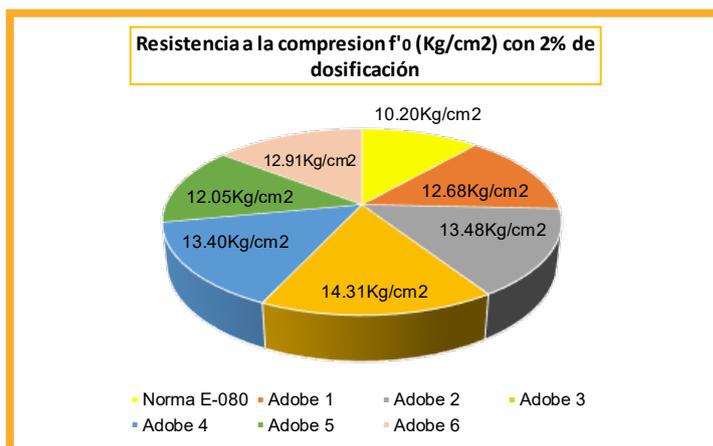
Tabla 23. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión del 2 % de dosificación

Ensayo de resistencia a la compresión del adobe								
E-080, 2017								
Muestras: Unidades de adobe reforzado con 2% = 1% tallo de cebada + 1% lana de ovino								
Adobes de cubo (10 cm x 10 cm x 10 cm)								
Procedencia: C.C. Pucará Vizcachani - Caracoto - San Roman - Puno - Peru								
Fecha de elaboración: 18-08-2022			Fecha de ensayo: 15-09-2022			E dad: 28 días		
N°	Largo cm	Ancho cm	Área bruta cm ²	Carga Kg	Esf. R otura K g/cm ²	f 0 K g/cm ²	%	Verificación
1	10.02	10.15	101.70	1290	12.68	10.20	24.35%	Ok
2	10.05	10.11	101.61	1370	13.48	10.20	32.19%	Ok
3	9.98	10.08	100.60	1440	14.31	10.20	40.34%	Ok
4	10.18	10.12	103.02	1380	13.40	10.20	31.33%	Ok
5	10.62	10.55	112.04	1350	12.05	10.20	18.13%	Ok
6	9.78	9.98	97.60	1260	12.91	10.20	26.56%	Ok
Promedio K g/cm ²					13.14		28.82%	Ok

Nota. Resultados apropiados según verificación



Figura 57. Resultados del comportamiento de la $f'0$ de unidades de adobe con 2 % de dosificación



Nota. Gráfica comparativa de resultados óptimos

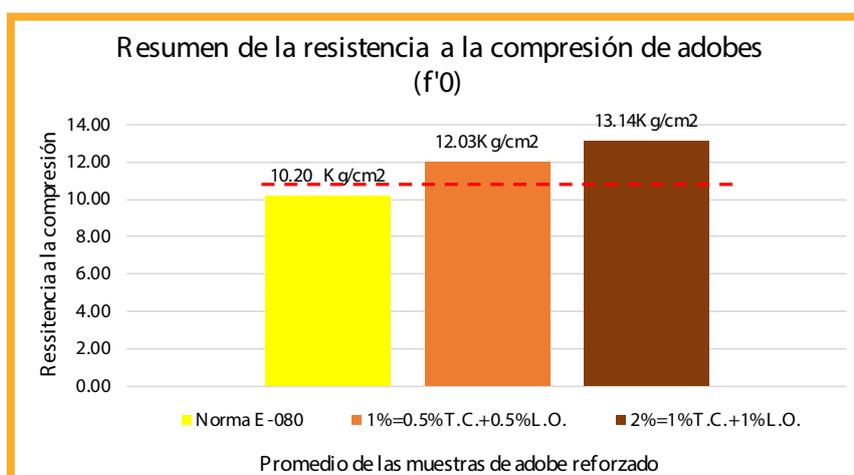
Interpretación: las resistencias a la compresión de las unidades de adobe reforzado con una proporción del 2 % de tallo de cebada y lana de ovino (1%T.C.+1%L.O.), como se muestra en la Tabla 23 y Figura 66, superan el valor mínimo requerido de 10.20 kg/cm² establecido por la norma E-080. Esto indica que estas unidades de adobe reforzado cumplen con el estándar de resistencia a la compresión establecido por la norma.

Tabla 24. Resumen del promedio de resistencias a la compresión de adobes reforzados

Promedio de los ensayos de resistencia a la compresión del adobe E-080, 2017	
Adobes de cubo (10 cm + 10 cm + 10 cm)	
Descripción Dosificación	Resistencia a la compresión ($f'0$) Kg/cm ²
Norma E-080	10.20
1%=0.5%T.C.+0.5%L.O.	12.03
2%=1%T.C.+1%L.O.	13.14

Nota. Resumen para comparación de resultados

Figura 58. Promedio de las resistencias a la compresión en unidades de adobe reforzados



Nota. Gráfica comparativa de resultados óptimos

Interpretación: todas las resistencias a la compresión de las unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino, según se muestra en la Figura 67, superan el valor mínimo de 10.20 kg/cm² establecido en la norma E-080. Esto indica que cumplen con los requisitos establecidos en la norma en cuanto a resistencia a la compresión.

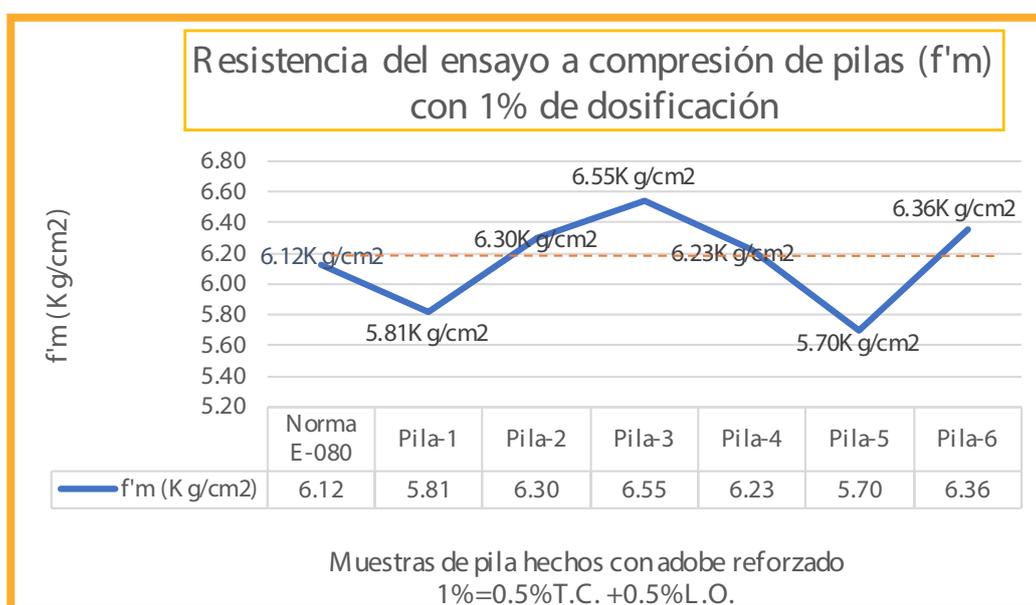
Resultado de la resistencia del ensayo a compresión de pilas

Tabla 25. Resultados de las resistencias del ensayo a compresión de pilas con 1 % de dosificación

Resistencias del ensayo a compresión de pilas E-080, 2017									
Muestras: Pilas hechos con unidades de adobe reforzado con 1% = 0.5% tallo de cebada + 0.5% lana de ovino									
Dimensión del Adobe (40 cm x 20 cm x 10 cm)					Espesor de junta: 0,5 cm				
Procedencia: C.C. Pucará Vizcachani - Caracoto - San Roman - Puno - Peru									
Fecha de elaboración: 14-09-2022			Fecha de ensayo: 12-10-2022			E dad: 28 días			
N°	Largo cm	Ancho cm	Alto cm	Área bruta cm ²	Carga Kg	Esf. Rotura Kg/cm ²	f _m Kg/cm ²	%	Verificación
1	39.95	20.75	40.00	828.96	4820	5.81	6.12	-4.99%	No
2	39.00	20.80	39.90	811.20	5110	6.30	6.12	2.93%	Ok
3	40.05	20.29	39.80	812.61	5320	6.55	6.12	6.97%	Ok
4	40.05	20.29	39.98	812.61	5060	6.23	6.12	1.75%	Ok
5	40.05	20.29	39.94	812.61	4630	5.70	6.12	-6.90%	No
6	42.18	20.55	39.82	866.80	5510	6.36	6.12	3.87%	Ok
Promedio Kg/cm ²						6.16		0.60%	Ok

Nota. Resultados de cuatro muestras de pilas es mayor a 6.12 kg/cm²

Figura 59. Resultados del comportamiento de la f_m de pilas con 1 % de dosificación



Nota. Las cuatro muestras de pilas son mayores a 6.12 kg/cm²

Interpretación: cuatro de las resistencias a la compresión de las pilas reforzadas con 1 % de tallo de cebada y lana de ovino, según la Tabla 25 y Figura 68, son mayores al valor mínimo de 6.12 kg/cm² establecido en la norma E-080. Estos resultados son considerados aceptables dentro de los parámetros establecidos.

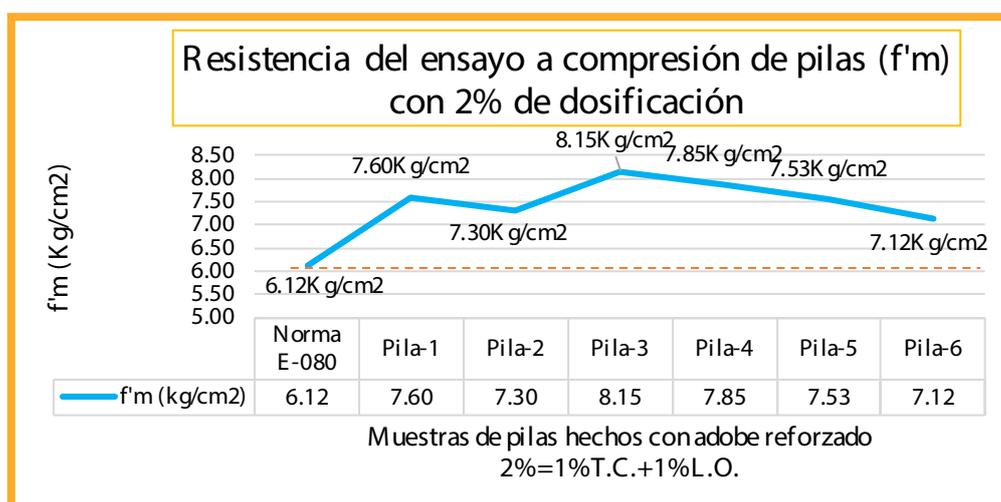


Tabla 26. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión de pilas con 2 % de dosificación

Resistencias del ensayo a compresión de pilas E-080, 2017									
Muestras: Pilas hechos con unidades de adobe reforzado con 2% = 1% tallo de cebada + 1% lana de ovino									
Dimensión del Adobe (40 cm x 20 cm x 10 cm) Espesor de junta: 0.5 cm									
Procedencia: C.C. Pucará Vizcachani - Caracoto - San Roman - Puno - Peru									
Fecha de elaboración: 14-09-2022			Fecha de ensayo: 12-10-2022			Edad: 28 días			
N°	Largo cm	Ancho cm	Alto cm	Área bruta cm ²	Carga Kg	Esf. Rotura Kg/cm ²	f'm Kg/cm ²	%	Verificación
1	40.16	20.55	39.80	825.29	6270	7.60	6.12	24.14%	Ok
2	40.18	20.39	39.82	819.27	5980	7.30	6.12	19.27%	Ok
3	40.22	20.34	39.80	818.07	6670	8.15	6.12	33.22%	Ok
4	40.32	20.18	39.94	813.66	6390	7.85	6.12	28.32%	Ok
5	40.19	20.22	39.98	812.64	6120	7.53	6.12	23.06%	Ok
6	40.23	20.57	39.82	827.53	5890	7.12	6.12	16.30%	Ok
Promedio Kg/cm ²						7.59		24.05%	Ok

Nota. Resultados óptimos según verificación

Figura 60. Resultados del comportamiento de la f'_m de pilas con 2 % de dosificación



Nota. Gráfica comparativa de resultados óptimos

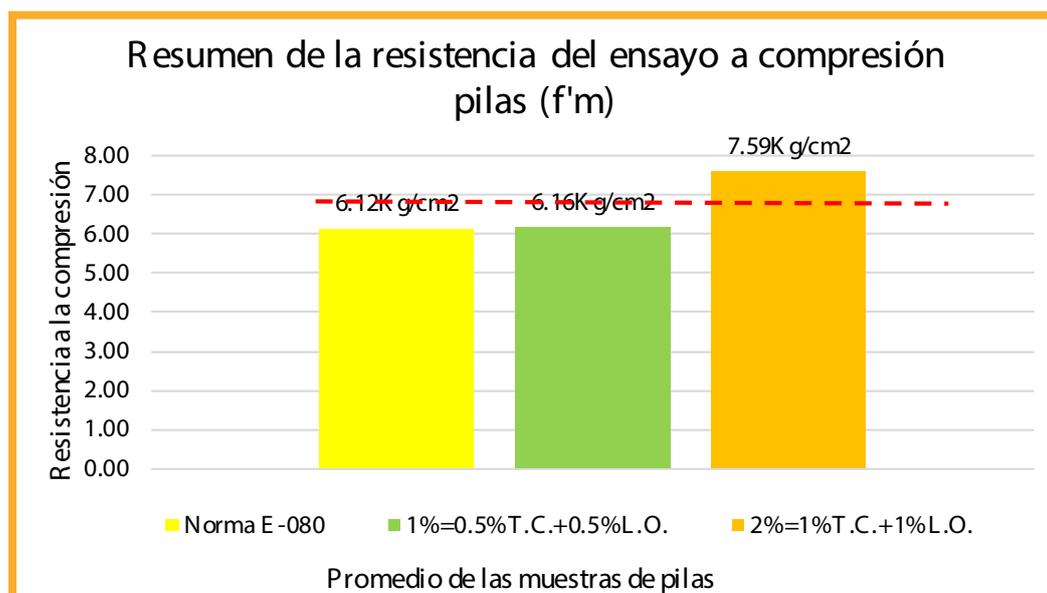
Interpretación: las resistencias a la compresión de las pilas reforzadas con 2 % de tallo de cebada y lana de ovino, según la Tabla 26 y Figura 69, son mayores al valor mínimo de 6.12 kg/cm² establecido en la norma E-080.

Tabla 27. Resumen del promedio de resistencias a la compresión de pilas

Promedio de las resistencias de ensayo a compresión de pilas E-080, 2017	
Hechos con adobes (40 cm + 20 cm + 10 cm)	
Descripción Dosificación	Resistencia a la compresión (f'm) Kg/cm ²
Norma E-080	6.12
1%=0.5%T.C.+0.5%L.O.	6.16
2%=1%T.C.+1%L.O.	7.59

Nota. Resumen para comparación de resultados.

Figura 61. Promedio de las resistencias a la compresión de pilas



Nota. Gráfica comparativa de resultados óptimos

Interpretación: las resistencias a la compresión de las pilas, de acuerdo a la Figura 70, superan el valor mínimo establecido en la norma E-080 de 6.12 kg/cm².

Resultado del ensayo de resistencia al corte de muretes

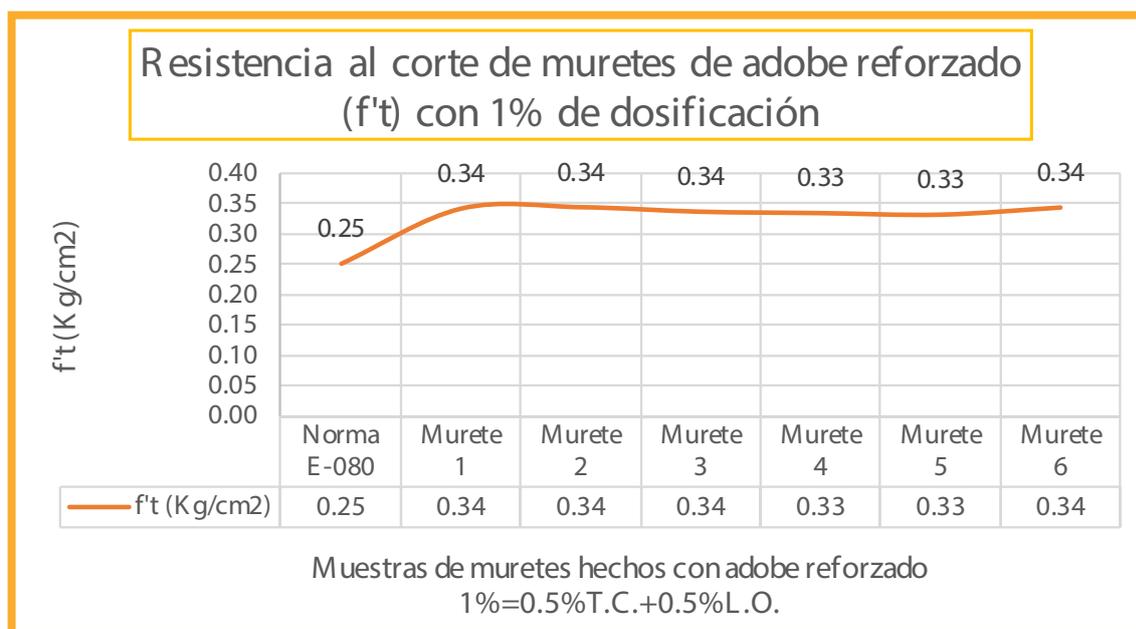
Tabla 28. Resultado del ensayo de resistencia al corte de muretes con 1 % de dosificación

Ensayo de resistencia al corte del murete									
E-080 - 17, NTP 339.621-15									
Muestras: Muretes hechos con unidades de adobe reforzado con 1% = 0.5% tallo de cebada + 0.5% lana de ovino									
Dimensión del adobe (40 cm x 20 cm x 10 cm) Espesor (Jh y Jv): 2 cm									
Procedencia: C.C. Pucará Vizcachani - Caracoto - San Roman - Puno - Peru									
Fecha de elaboración: 08-09-2022 Fecha de ensayo: 06-10-2022 Edad: 28 días									
N°	Largo L c (cm)	Ancho t (cm)	Diagonal D (cm)	Área bruta cm ²	Carga Kg	Esfuerzo K g/cm ²	ft K g/cm ²	%	Verificación
1	62.00	20.00	87.68	1753.62	597	0.34	0.25	36.18%	Ok
2	62.00	20.00	87.68	1753.62	601	0.34	0.25	37.09%	Ok
3	62.00	20.00	87.68	1753.62	588	0.34	0.25	34.12%	Ok
4	62.00	20.00	87.68	1753.62	584	0.33	0.25	33.21%	Ok
5	62.10	20.00	87.75	1755.00	580	0.33	0.25	32.19%	Ok
6	62.00	20.00	87.68	1753.62	600	0.34	0.25	36.86%	Ok
Promedio K g/cm ²						0.34		34.94%	Ok

Nota. Resultados óptimos según verificación



Figura 62. Resultados del comportamiento de la f'_t de muretes con 1 % de dosificación



Nota. Gráfica comparativa de resultados óptimos

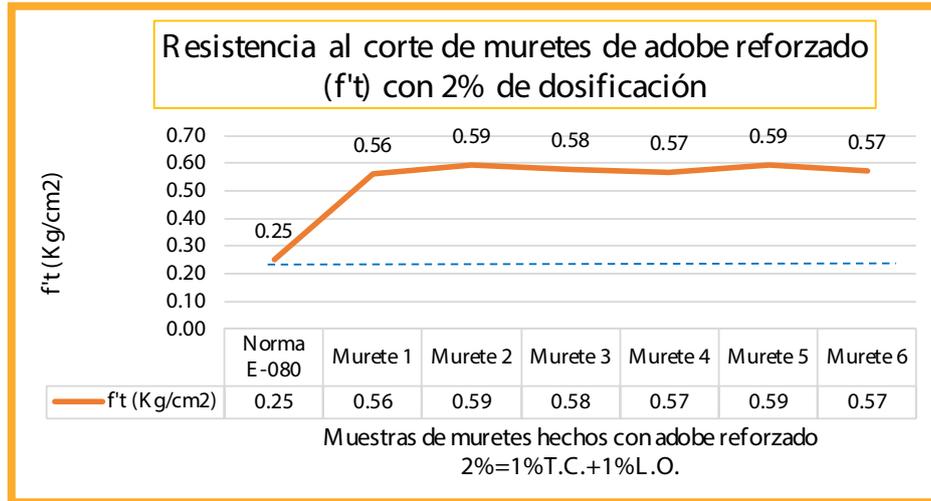
Interpretación: las resistencias al corte de los muretes reforzados con 1 % de tallo de cebada y lana de ovino (0.5%T.C.+0.5%L.O.), según la Tabla 28 y Figura 71, cumplen con el valor mínimo establecido en la norma E-080 de 0.25 kg/cm².

Tabla 29. Resultado del ensayo de resistencia al corte de muretes con 2 % de dosificación

Ensayo de resistencia al corte del murete									
E-080 - 17, NTP 339.621-15									
Muestras: Muretes hechos con unidades de adobe reforzado con 2% = 1% tallo de cebada + 1% lana de ovino									
Dimensión del adobe (40 cm x 20 cm x 10 cm)					Espesor (Jh y Jv): 2 cm				
Procedencia: C.C. Pucará Vizcachani - Caracoto - San Roman - Puno - Peru									
Fecha de elaboración: 08-09-2022			Fecha de ensayo: 06-10-2022			Edad: 28 días			
N°	Largo L c (cm)	Ancho t (cm)	Diagonal D (cm)	Área bruta cm ²	Carga Kg	Esfuerzo Kg/cm ²	f'_t Kg/cm ²	%	Verificación
1	62.00	20.00	87.68	1753.62	985	0.56	0.25	124.68%	Ok
2	62.00	20.00	87.68	1753.62	1040	0.59	0.25	137.22%	Ok
3	62.00	20.00	87.68	1753.62	1014	0.58	0.25	131.29%	Ok
4	62.05	20.00	87.75	1755.04	997	0.57	0.25	127.23%	Ok
5	62.00	20.00	87.68	1753.62	1037	0.59	0.25	136.54%	Ok
6	62.00	20.00	87.68	1753.62	1004	0.57	0.25	129.01%	Ok
Promedio Kg/cm ²						0.58		131.00%	Ok

Nota. Resultados óptimos según verificación

Figura 63. Resultados del comportamiento de la f_t de muretes con 2 % de dosificación



Nota. Gráfica comparativa de resultados óptimos

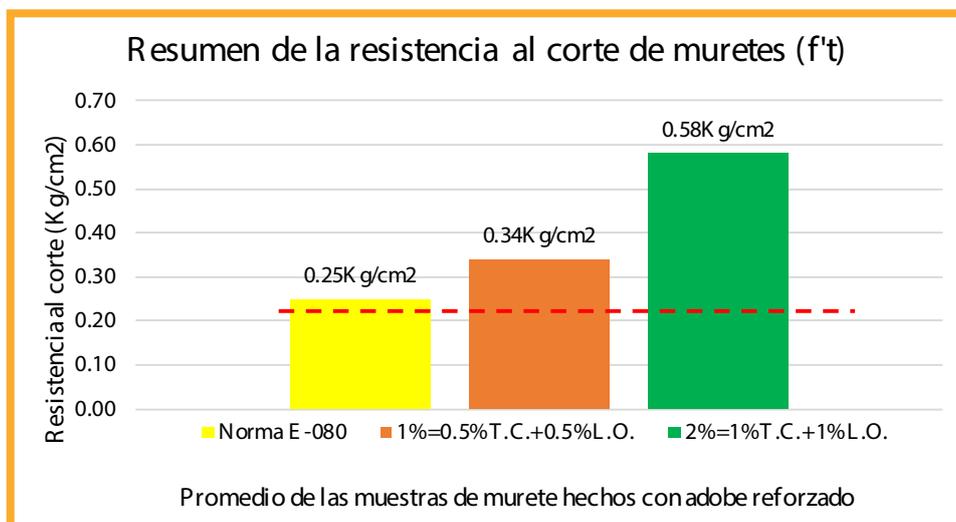
Interpretación: las resistencias al corte de los muretes reforzados con 2% de tallo de cebada y lana de ovino (1%T.C.+1%L.O.), según la Tabla 29 y Figura 72, superan el valor mínimo establecido en la norma E-080 de 0.25 kg/cm².

Tabla 30. Resumen del promedio de resistencias al corte de muretes

Promedio de los ensayos de resistencia al corte de muretes E-080, 2017	
Hechos con adobes (40 cm + 20 cm + 10 cm)	
Descripción Dosificación	Resistencia a la compresión (f_t) K g/cm ²
Norma E-080	0.25
1%=0.5%T.C.+0.5%L.O.	0.34
2%=1%T.C.+1%L.O.	0.58

Nota. Resumen para comparación de resultados

Figura 64. Promedio de las resistencias al corte de muretes



Nota. Gráfica comparativa de resultados óptimos



Interpretación: de acuerdo con la información presentada en la Figura 73, se puede observar que el promedio de resistencias al corte de los muretes es superior al valor mínimo establecido de 0.25 kg/cm². Esto indica que cumplen con el requisito de resistencia mínima según lo establecido en la norma E-080.

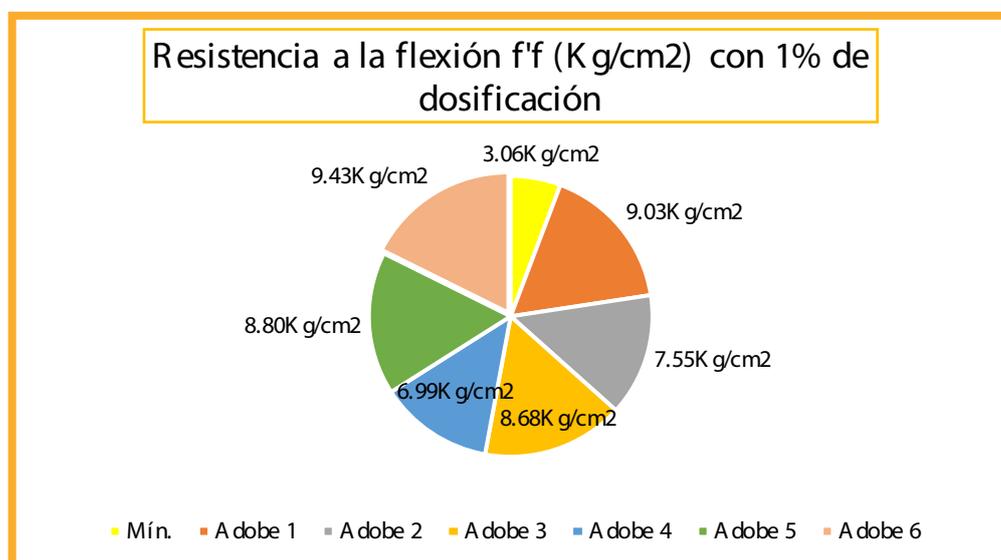
Resultado del ensayo de resistencia a la flexión de adobes reforzados

Tabla 31. Resultado del ensayo de resistencia a la flexión de adobes reforzados con 1 % de dosificación

Ensayo de resistencia a la flexión de adobe									
ASTM C 78, 2018									
Muestras: Unidades de adobe reforzado con 1% = 0.5% tallo de cebada + 0.5% lana de ovino									
Dimensión del Adobe (40 cm x 20 cm x 10 cm)									
Procedencia: C.C. Pucará Vizcachani - Caracoto - San Roman - Puno - Peru									
Fecha de elaboración: 19-08-2022			Fecha de ensayo: 16-09-2022			Edad: 28 días			
N°	Luz libre cm	b cm	d cm	Carga Kg	Resistencia flexión (ff) Kg/cm2	ff Kg/cm2	%	Verificación	
1	40.52	20.08	10.14	460	9.03	3.06	195.03%	Ok	
2	40.68	20.15	10.08	380	7.55	3.06	146.74%	Ok	
3	40.55	20.10	10.11	440	8.68	3.06	183.81%	Ok	
4	40.48	20.16	10.17	360	6.99	3.06	128.40%	Ok	
5	40.61	20.11	10.16	450	8.80	3.06	187.69%	Ok	
6	40.40	20.18	10.20	490	9.43	3.06	208.13%	Ok	
Promedio Kg/cm2					8.41		174.97%	Ok	

Nota. Resultados óptimos según verificación

Figura 65. Resultados del comportamiento de la ff de adobes con 1 % de dosificación



Nota. Gráfica comparativa de resultados óptimos

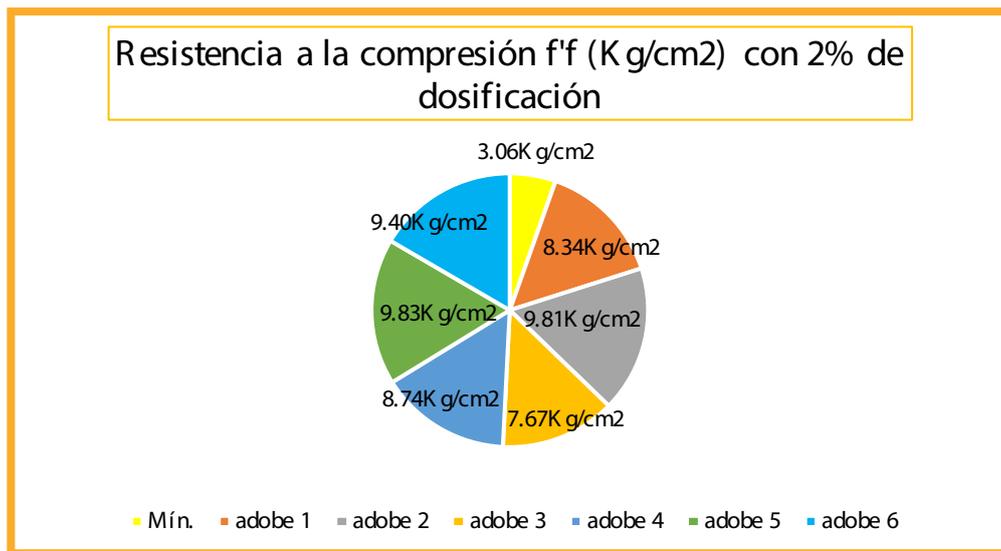
Interpretación: de acuerdo con los datos de la Tabla 31 y la Figura 74, se puede observar que todas las resistencias a la flexión superan el valor mínimo de referencia de 3.06 kg/cm². Esto confirma que cumplen con la resistencia mínima requerida.

Tabla 32. Resultado del ensayo de resistencia a la flexión de adobes reforzados con 2 % de dosificación

Ensayo de resistencia a la flexión de adobe								
ASTM C 78, 2018								
Muestras: Unidades de adobe reforzado con 2% = 1% tallo de cebada + 1% lana de ovino								
Dimensión del Adobe (40 cm x 20 cm x 10 cm)								
Procedencia: C.C. Pucará Vizcachani - Caracoto - San Roman - Puno - Peru								
Fecha de elaboración: 19-08-2022			Fecha de ensayo: 16-09-2022			E dad: 28 días		
N°	Luz libre cm	b cm	d cm	Carga K g	Resistencia flexión (f'f) K g/cm2	f'f K g/cm2	%	Verificación
1	40.02	20.15	10.12	430	8.34	3.06	172.51%	Ok
2	40.18	20.20	10.17	510	9.81	3.06	220.53%	Ok
3	40.59	20.15	10.12	390	7.67	3.06	150.68%	Ok
4	40.55	20.14	10.18	450	8.74	3.06	185.71%	Ok
5	40.26	20.16	10.08	500	9.83	3.06	221.15%	Ok
6	40.63	20.23	10.02	470	9.40	3.06	207.25%	Ok
Promedio K g/cm2					8.96		192.97%	Ok

Nota. Resultados óptimos según verificación.

Figura 66. Resultados del comportamiento de la f'f de adobes con 2 % de dosificación



Nota. Gráfica comparativa de resultados óptimos

Interpretación: de acuerdo con la Tabla 32 y la Figura 75, se puede observar que todas las resistencias a la flexión de los adobes reforzados son superiores a los 3.06 kg/cm² requeridos como resistencia mínima de referencia. Esto confirma que los adobes reforzados cumplen con el valor mínimo de resistencia establecido en los antecedentes.

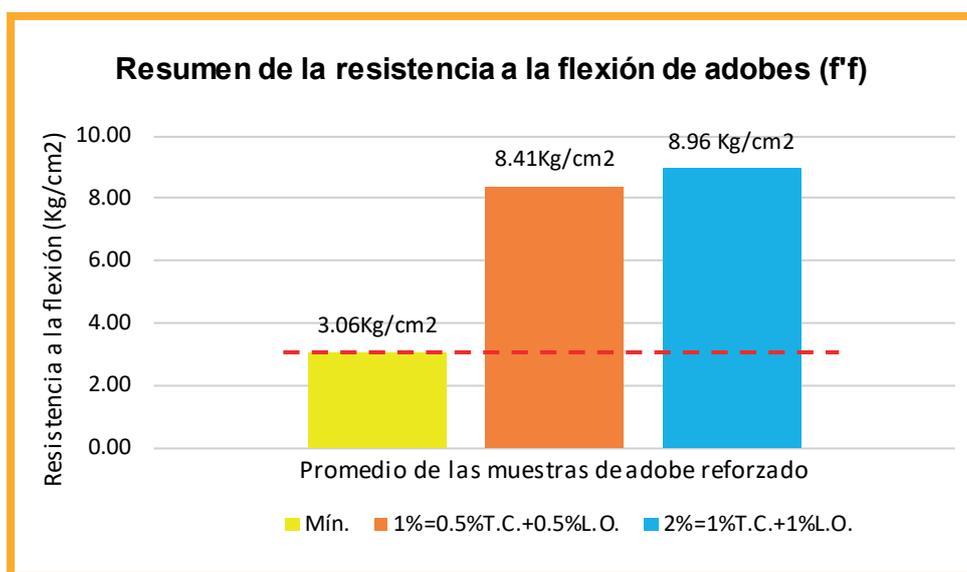


Tabla 33. Resumen del promedio de resistencias a la flexión de adobes

Promedio de los ensayos de resistencia a la flexión de adobe ASTM C 78, 2018	
Adobes (40 cm + 20 cm + 10 cm)	
Descripción Dosificación	Resistencia a la compresión (f'f) Kg/cm ²
Mín.	3.06
1%=0.5%T.C.+0.5%L.O.	8.41
2%=1%T.C.+1%L.O.	8.96

Nota. Resumen para comparación de resultados

Figura 67. Promedio de las resistencias a la flexión en unidades de adobe reforzados



Nota. Gráfica comparativa de resultados óptimos

Interpretación: de acuerdo con la Figura 76, se puede observar que el promedio de las resistencias a la flexión de los adobes reforzados es superior a los 3.06 kg/cm² requeridos como resistencia mínima. Esto indica que los adobes reforzados cumplen con el valor de resistencia mínimo establecido previamente.

Discusión de resultados

El objetivo general de la investigación fue determinar las propiedades mecánicas de unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino en el distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno. Los resultados obtenidos en las tablas y figuras con gráficos estadísticos demostraron una notable mejora en las propiedades mecánicas de estas unidades. Estos resultados respaldan investigaciones anteriores que concluyeron que el refuerzo con fibras naturales mejora las propiedades mecánicas del adobe.

Con relación al objetivo específico 1 (OE1), se buscó determinar la resistencia a la compresión en las unidades de adobe reforzado. Los resultados revelaron que el refuerzo con tallo de cebada y lana de ovino mejoró la resistencia a la compresión. Los valores promedio obtenidos para una dosificación del 1 % y 2 % superaron los requisitos establecidos por la norma E-080. Estos resultados son consistentes con estudios previos que demostraron mejoras en la resistencia a la compresión al reforzar los adobes con fibras naturales.

En cuanto al objetivo específico 2 (OE2), se buscó determinar la resistencia a la compresión en pilas construidas con unidades de adobe reforzado. Los resultados mostraron que las pilas construidas con adobes

reforzados resultaron beneficiosas para mejorar la resistencia a la compresión. Los valores promedio obtenidos superaron la resistencia mínima requerida por la norma. Estos resultados son consistentes con investigaciones anteriores que demostraron mejoras en la resistencia a la compresión al reforzar las pilas de adobe con fibras naturales.

En relación con el objetivo específico 3 (OE3), se buscó determinar la resistencia al corte en muretes elaborados con unidades de adobe reforzado. Los resultados demostraron que los muretes construidos con adobes reforzados presentaron una mejora en la resistencia al corte. Los valores promedio obtenidos superaron la resistencia mínima requerida por la norma. Estos resultados son consistentes con investigaciones previas que demostraron mejoras en la resistencia al corte al reforzar los muretes de adobe con fibras naturales.

Con relación al objetivo específico 4 (OE4), se buscó determinar la resistencia a la flexión en las unidades de adobe reforzado. Los resultados mostraron que los adobes reforzados presentaron una mejora en la resistencia a la flexión. Los valores promedio obtenidos superaron el valor mínimo requerido por la norma. Estos resultados son similares a investigaciones anteriores que demostraron mejoras en la resistencia a la flexión al reforzar los adobes con fibras naturales.

Proceso de contrastación de las hipótesis

Contrastación de la hipótesis general

H₀: Las propiedades mecánicas no mejoran notablemente al emplear el tallo de cebada y lana de ovino en unidades de adobe reforzado del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno.

H₁: Las propiedades mecánicas mejoran notablemente al emplear el tallo de cebada y lana de ovino en unidades de adobe reforzado del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno.

Contraste y conclusión

Tras analizar detalladamente los resultados presentados en las tablas y gráficos estadísticos obtenidos de los ensayos de laboratorio, podemos concluir que las propiedades mecánicas de las unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino experimentan una mejora significativa. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa general (H1) y se rechaza la hipótesis nula (H₀).

Contrastación de las hipótesis específicas

Contrastación de la hipótesis específica 1

H₀: La resistencia a la compresión no incrementa considerablemente al emplear el tallo de cebada y lana de ovino en unidades de adobe reforzado del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno.

H₁: La resistencia a la compresión incrementa considerablemente al emplear el tallo de cebada y lana de ovino en unidades de adobe reforzado del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno.

Contraste y conclusión

De acuerdo con la norma E-080 (2017), se establece que la resistencia última a la compresión del adobe es de 10.20 kg/cm². Sin embargo, mediante los ensayos de laboratorio realizados, se obtuvieron resultados promedio de todas las muestras que indican que la resistencia a la compresión en unidades de adobe reforzado, utilizando una dosificación del 1 % (0.5 % de tallo de cebada y lana de ovino), es de 12.03 kg/cm². Además, con una dosificación del 2 % (1 % de tallo de cebada y 1 % de lana de ovino), la resistencia promedio a la compresión es de 13.14 kg/cm². Estos valores superan la resistencia última del adobe establecida en la normativa. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H₀) y se acepta la hipótesis alternativa (H₁).



Contrastación de la hipótesis específica 2

H_0 : La resistencia del ensayo a compresión de pilas no incrementa considerablemente al emplear el tallo de cebada y lana de ovino en unidades de adobe reforzado del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno.

H_1 : La resistencia del ensayo a compresión de pilas incrementa considerablemente al emplear el tallo de cebada y lana de ovino en unidades de adobe reforzado del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno.

Contraste y conclusión

Según la norma E=080 (2017), se establece que la resistencia última a la compresión en el ensayo de pilas debe ser de 6.12 kg/cm². Sin embargo, a través de los ensayos de laboratorio realizados, se obtuvieron resultados promedio de todas las muestras que revelaron que la resistencia al ensayo de compresión de pilas construidas con unidades de adobe reforzado, utilizando una dosificación del 1% (0.5 % de tallo de cebada y 0.5 % de lana de ovino), es de 6.16 kg/cm². Además, con una dosificación del 2 % (1 % de tallo de cebada y 1 % de lana de ovino), la resistencia promedio al ensayo de compresión es de 7.59 kg/cm². Estos valores superan la resistencia última de la pila establecida en la normativa. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

Contrastación de la hipótesis específica 3

H_0 : La resistencia al corte no incrementa considerablemente al emplear el tallo de cebada y lana de ovino en unidades de adobe reforzado del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno.

H_1 : La resistencia al corte se incrementa considerablemente al emplear el tallo de cebada y lana de ovino en unidades de adobe reforzado del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno.

Contraste y conclusión

Según la norma E-080 (2017), se establece que la resistencia última al corte de los muretes debe ser de 0.25 kg/cm². Sin embargo, al realizar ensayos de laboratorio, se obtuvieron resultados que muestran que la resistencia promedio al corte de los muretes construidos con unidades de adobe reforzado, utilizando una dosificación del 1 % (0.5 % de tallo de cebada y 0.5 % de lana de ovino), es de 0.34 kg/cm². Además, con una dosificación del 2 % (1 % de tallo de cebada y 1 % de lana de ovino), la resistencia promedio al corte es de 0.58 kg/cm². Estos valores superan la resistencia última al corte que se establece en la normativa. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1).

Contrastación de la hipótesis específica 4

H_0 : La resistencia a la flexión no incrementa considerablemente al emplear el tallo de cebada y lana de ovino en unidades de adobe reforzado del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno.

H_1 : La resistencia a la flexión incrementa considerablemente al emplear el tallo de cebada y lana de ovino en unidades de adobe reforzado del distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno.

Contraste y conclusión

Según los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio, se encontró que la resistencia a la flexión promedio en unidades de adobe reforzado con una dosificación del 1 % (0.5 % de tallo de cebada y 0.5 % de lana de ovino) es de 8.41 kg/cm², mientras que con una dosificación del 2 % (1 % de tallo de cebada y 1 % de lana de ovino) es de 8.96 kg/cm². Estos valores superan la resistencia última a la flexión de 3.06 kg/cm² establecida como referencia. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1).



Conclusiones

- En esta investigación, se realizaron ensayos de laboratorio para estudiar las propiedades mecánicas de unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino en el distrito de Caracoto, provincia de San Román, en el departamento de Puno, Perú. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, demostrando una mejora significativa en las propiedades mecánicas. Estas mejoras permitieron superar los estándares mínimos de resistencia establecidos por la norma E-080 del 2017.
- Los resultados de esta investigación revelaron que las unidades de adobe reforzado con una dosificación del 1 % (0.5 % de fibra de coco y 0.5 % de lino orgánico) presentaron una resistencia promedio a la compresión de 12.03 kg/cm², mientras que con una dosificación del 2 % (1 % de fibra de coco y 1 % de lino orgánico) la resistencia promedio fue de 13.14 kg/cm². Esto representa un incremento del 17.90 % en la resistencia a la compresión para la dosificación del 1 % y un incremento del 28.82 % para la dosificación del 2 %, en comparación con los estándares establecidos por la norma E-080 del 2017.
- Los resultados de esta investigación indicaron que las pilas de adobe reforzado con una dosificación del 1 % (0.5 % de fibra de coco y 0.5 % de lino orgánico) presentaron una resistencia promedio en el ensayo de compresión de 6.16 kg/cm², mientras que con una dosificación del 2 % (1 % de fibra de coco y 1 % de lino orgánico) la resistencia promedio fue de 7.59 kg/cm². Esto representa un incremento del 0.6 % en la resistencia del ensayo de compresión para la dosificación del 1 % y un incremento del 24.05 % para la dosificación del 2 %, en comparación con los estándares mínimos de resistencia establecidos por la norma E-080 del 2017 en el ensayo de compresión de pilas.
- Se encontró que el refuerzo de unidades de adobe con una dosificación del 1 % (0.5 % de fibra de coco y 0.5 % de lino orgánico) resultó en una resistencia promedio al corte de 0.34 kg/cm², mientras que con una dosificación del 2 % (1 % de fibra de coco y 1 % de lino orgánico) la resistencia promedio al corte fue de 0.58 kg/cm². Esto representa un aumento del 34.94 % en la resistencia al corte para la dosificación del 1 % y un aumento del 131 % para la dosificación del 2 %, en comparación con los valores mínimos establecidos por la norma E-080 del 2017.
- Los resultados de esta investigación mostraron que la resistencia promedio a la flexión en unidades de adobe reforzado con una dosificación del 1 % (0.5 % de fibra de coco y 0.5 % de lino orgánico) fue de 8.41 kg/cm², mientras que con una dosificación del 2 % (1 % de fibra de coco y 1 % de lino orgánico) fue de 8.96 kg/cm². Esto representa un incremento del 174.97 % en la resistencia a la flexión para la dosificación del 1 % y un incremento del 192.97 % para la dosificación del 2 %, en comparación con la resistencia promedio mínima de referencia.

Recomendaciones

- Se sugiere llevar a cabo investigaciones para determinar la resistencia a la compresión de unidades de adobe con una dosificación del 3 % de fibras naturales, similar a esta investigación, con el objetivo de encontrar el máximo pico promedio de resistencia a la compresión.
- Se sugiere llevar a cabo investigaciones sobre las resistencias a la compresión de unidades de adobe y realizar ensayos de compresión axial en pilas, ya sea mediante estabilización física, química o mecánica. Además, se recomienda aprovechar recursos reciclables para reducir el impacto ambiental.
- Se recomienda llevar a cabo investigaciones futuras sobre el comportamiento sísmico de viviendas a escala utilizando las mismas proporciones de dosificación estudiadas en esta investigación.
- Se sugiere la actualización de la Norma E-080 en relación a la resistencia última a la flexión del adobe.
- Se sugiere realizar estudios sobre la influencia de diferentes tamaños de paja o materiales similares en la resistencia de los adobes.





CAPÍTULO V

ADOBE REFORZADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS

La construcción de viviendas con adobe reforzado ha ganado popularidad en los últimos años debido a su impacto positivo en diversos aspectos. Este enfoque constructivo tiene una influencia significativa en tres dimensiones clave: social, ambiental y económica (Brito-del Pino *et al.*, 2021).

En primer lugar, Díaz-Torres *et al.* (2019) sostienen que el adobe reforzado tiene un impacto social importante. Permite la construcción de viviendas accesibles y de calidad para comunidades con recursos limitados. Su bajo costo y la utilización de materiales locales promueven la inclusión y el desarrollo económico. Además, la participación de la comunidad en la construcción de las viviendas fomenta el sentido de pertenencia y empoderamiento, generando un impacto social positivo en el tejido social.

En términos ambientales, Brito-del Pino *et al.* (2021) indican que el adobe reforzado destaca por su sostenibilidad y menor huella ambiental. Al utilizar materiales naturales y locales, se reduce la extracción de recursos no renovables y la emisión de gases de efecto invernadero asociados al transporte de materiales. Además, el adobe reforzado tiene una alta capacidad de almacenamiento térmico y aislamiento, lo que reduce la demanda de energía para calefacción y refrigeración, disminuyendo así el consumo energético y las emisiones de carbono.

Desde una perspectiva económica, Medina *et al.* (2022) recalcan que el adobe reforzado ofrece ventajas significativas. Su bajo costo inicial y la reducción en los gastos de energía a largo plazo lo convierten en una opción asequible y sostenible. Además, la construcción con adobe reforzado promueve la generación de empleo local, contribuyendo al desarrollo económico de la comunidad.

En cuanto a la importancia del adobe reforzado en la construcción de viviendas, Aranda (2023) destaca la capacidad de adaptarse a diferentes contextos geográficos y climáticos, brindando soluciones arquitectónicas adecuadas y confortables. Su resistencia sísmica, durabilidad y estética natural lo convierten en una alternativa viable y atractiva para la construcción de viviendas sostenibles.

La Norma E.080 y el control de calidad del adobe reforzado están estrechamente relacionados. La Norma E.080 establece los requisitos técnicos y de seguridad para la construcción de edificaciones en el Perú, y en ella se incluyen disposiciones específicas para el uso de adobe reforzado. Esta norma define los parámetros

de diseño, los materiales aceptables, los métodos constructivos y los criterios de control de calidad que deben seguirse en la construcción con adobe reforzado. El cumplimiento de estas normas garantiza la seguridad y calidad de las viviendas construidas con adobe reforzado, protegiendo a los habitantes y promoviendo la consolidación de esta técnica constructiva como una opción confiable y segura (Brito-del Pino *et al.*, 2021).

En conclusión, el adobe reforzado en la construcción de viviendas tiene un impacto social, ambiental y económico significativo. Su accesibilidad, sostenibilidad, capacidad de adaptación y resistencia se combinan para ofrecer soluciones habitacionales adecuadas y sostenibles. El cumplimiento de la Norma E.080 y el control de calidad son fundamentales para garantizar la seguridad y calidad de las viviendas construidas con adobe reforzado, fortaleciendo así su posición como una alternativa confiable y viable en el ámbito de la construcción de viviendas.

5.1. Impacto social, ambiental y económico del uso de adobe reforzado

Según Medina *et al.* (2022), el uso de adobe reforzado conlleva importantes impactos sociales, ambientales y económicos que deben ser considerados. En primer lugar, desde el punto de vista social, la construcción con adobe reforzado promueve la inclusión social al proporcionar viviendas asequibles y seguras a segmentos de la población con recursos limitados. Dado que el adobe es un material de bajo costo y ampliamente disponible en muchas regiones, su uso reforzado permite construir viviendas de calidad a un precio accesible, lo que facilita el acceso a la vivienda digna para comunidades de bajos ingresos. Esto contribuye a reducir la brecha de desigualdad social y mejorar las condiciones de vida de las personas.

Además, el uso de adobe reforzado fomenta la participación comunitaria y fortalece los lazos sociales. La construcción de viviendas con adobe es un proceso que puede involucrar a la comunidad local, donde los propios residentes pueden participar en la construcción de sus hogares. Esta colaboración comunitaria crea un sentido de pertenencia, solidaridad y cooperación entre los vecinos, fortaleciendo el tejido social y promoviendo un mayor sentido de comunidad (Díaz-Torres *et al.*, 2019).

Para Miranda *et al.* (2022), otro aspecto relevante es la preservación del patrimonio cultural y arquitectónico. El adobe es un material tradicional que ha sido utilizado durante siglos en diferentes culturas, especialmente en regiones de América Latina. Al utilizar adobe reforzado en la construcción de viviendas, se promueve la conservación de técnicas constructivas ancestrales, rescatando y valorizando el patrimonio arquitectónico local. Esto contribuye a mantener la identidad cultural de una comunidad y preservar su historia y tradiciones.

En términos de salud y bienestar, Blanco *et al.* (2022) sostienen que el adobe reforzado también puede tener un impacto positivo. El adobe, al ser un material natural, no emite sustancias tóxicas y contribuye a lograr un ambiente interior más saludable. Además, el espesor de los muros de adobe proporciona un buen aislamiento térmico y acústico, lo que mejora la comodidad y el bienestar de los ocupantes de las viviendas.

Por último, como parte del impacto social, Díaz-Torres *et al.* (2019) resaltan que el uso de adobe reforzado puede generar oportunidades económicas locales. La construcción con adobe requiere mano de obra local, lo que impulsa la generación de empleo en la comunidad. Además, al utilizar materiales locales y técnicas constructivas tradicionales, se fomenta la economía local y se reduce la dependencia de materiales importados o costosos.

En cuanto al impacto ambiental, Brito-del Pino *et al.* (2021) señalan que el adobe reforzado presenta ventajas significativas en comparación con otros materiales de construcción convencionales. El adobe es un material natural y abundante, compuesto principalmente de arcilla, arena y agua. Al incorporar elementos de refuerzo sostenibles, como el tallo de cebada y la lana de ovino, se reduce la dependencia de

recursos no renovables y se disminuye la huella ambiental de la construcción. Además, la fabricación de adobe requiere menos energía y produce menos emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con otros materiales.

Desde esta perspectiva, se destaca que la producción de adobe requiere menos energía en comparación con otros materiales de construcción, como el hormigón o el acero. La tierra cruda utilizada para fabricar los ladrillos de adobe se extrae localmente y no requiere procesos de fabricación intensivos en energía. Esto reduce la emisión de gases de efecto invernadero y disminuye la demanda de recursos no renovables (Araya-Letelier *et al.*, 2019b). Además, Mojica y Bolaño (2019) plantean que el adobe tiene una alta capacidad de almacenamiento térmico, lo que contribuye a la eficiencia energética de las viviendas. Los muros de adobe reforzado son capaces de regular la temperatura interior, manteniendo el ambiente fresco en climas cálidos y el cálido en climas fríos. Esto reduce la necesidad de sistemas de calefacción y refrigeración artificiales, disminuyendo el consumo de energía y las emisiones de gases contaminantes asociados.

Por su lado, Hernández-Zamora *et al.* (2021) afirman que otro aspecto importante es la reducción de residuos de construcción. Al utilizar adobe reforzado, se evita la generación de grandes cantidades de escombros y desechos que se producen en la construcción con materiales convencionales. Los desperdicios de adobe son mínimos y, en muchos casos, se pueden reutilizar en el proceso de construcción o incluso en futuras reparaciones o ampliaciones. En esta línea, Díaz-Torres *et al.* (2019) sostienen que el adobe reforzado también promueve la conservación de recursos naturales. Al utilizar materiales locales y renovables, se evita la sobreexplotación de recursos no renovables, como la extracción de minerales para la producción de cemento o la tala de árboles para obtener madera. Esto contribuye a la preservación del medioambiente y a la protección de ecosistemas frágiles.

Desde el punto de vista económico, la construcción con adobe reforzado puede resultar más accesible en términos de costos, especialmente en regiones donde los materiales tradicionales como el adobe son abundantes y económicos. Además, al ser un material duradero y resistente, el adobe reforzado requiere menos gastos de mantenimiento a largo plazo, lo que puede resultar en ahorros significativos para los propietarios de viviendas (Hernández-Zamora *et al.*, 2021). Asimismo, Mojica y Bolaño (2019) señalan que el uso de adobe reforzado promueve la generación de empleo en la zona, ya que la construcción con este material requiere la participación de mano de obra local, lo que impulsa la creación de empleo en la comunidad. Esta implicación directa de la fuerza laboral local contribuye a dinamizar la economía y a mejorar las condiciones socioeconómicas de la población.

El adobe reforzado también puede tener un impacto positivo en la reducción de costos a largo plazo. Debido a su capacidad de almacenamiento térmico, los muros de adobe reforzado ayudan a mantener una temperatura interior más estable, lo que disminuye la necesidad de utilizar sistemas de calefacción o refrigeración artificial. Esto se traduce en un ahorro significativo en los costos de energía a lo largo del tiempo, beneficiando tanto a los propietarios de viviendas como a la comunidad en general (Díaz-Torres *et al.*, 2019).

Asimismo, la construcción con adobe reforzado fomenta la utilización de materiales locales, lo que reduce los costos asociados al transporte de materiales a larga distancia. Al utilizar recursos disponibles en la región, se evitan los gastos adicionales relacionados con la importación de materiales, como el cemento o el acero, contribuyendo así a la economía local y reduciendo la dependencia de recursos externos (Araya-Letelier *et al.*, 2019b). No obstante, también es importante tener en cuenta algunos desafíos asociados al uso de adobe reforzado. Estos incluyen la necesidad de contar con constructores capacitados en la técnica, así como la implementación de prácticas de diseño y construcción adecuadas para garantizar la resistencia sísmica y estructural de las viviendas (Brito-del Pino *et al.*, 2021).

En resumen, el uso de adobe reforzado presenta impactos sociales positivos al promover la participación comunitaria y generar empleo local. A nivel ambiental, contribuye a la sostenibilidad al utilizar materiales naturales y reducir la huella ambiental. Desde una perspectiva económica, puede resultar más accesible y rentable en términos de costos de construcción y mantenimiento. No obstante, se requiere una planificación adecuada y capacitación técnica para asegurar viviendas seguras y duraderas.



5.2. Importancia del adobe reforzado en la construcción de viviendas

El adobe reforzado desempeña un papel crucial en la construcción de viviendas, presentando una serie de ventajas que lo convierten en una opción destacada. En primer lugar, su importancia radica en su naturaleza sostenible y respetuosa con el medioambiente. El adobe es un material natural, compuesto principalmente de arcilla, arena y agua, lo que lo convierte en una opción amigable con el entorno y de bajo impacto ambiental. Al reforzarlo con elementos como el tallo de cebada y la lana de ovino, se añade una capa adicional de sostenibilidad al aprovechar recursos renovables y reducir la dependencia de materiales no renovables (Aranda, 2023).

Para Araya-Letelier (2019b), otro aspecto fundamental es su contribución a la accesibilidad y asequibilidad de la vivienda. El adobe es un material ampliamente disponible y económico en muchas regiones, lo que facilita su acceso a comunidades con recursos limitados. Esto permite que un mayor número de personas pueda acceder a viviendas seguras y dignas, promoviendo así la igualdad y el desarrollo social.

En términos de resistencia y durabilidad, Guerrero (2020) indica que el adobe reforzado ha demostrado ser altamente eficiente. Al incorporar elementos de refuerzo, como el tallo de cebada y la lana de ovino, se mejora la resistencia estructural y la capacidad de carga de las unidades de adobe. Esto es particularmente relevante en zonas sísmicas, donde la capacidad del adobe reforzado para resistir movimientos telúricos se convierte en una característica vital para la seguridad de los ocupantes.

De acuerdo con Ortíz y Tendero (2021), la capacidad de aislamiento térmico del adobe reforzado es otro aspecto destacado. Su espesor y composición permiten regular la temperatura interior de la vivienda, ofreciendo un ambiente confortable tanto en climas cálidos como fríos. Esto se traduce en ahorro de energía, reducción de la dependencia de sistemas de climatización y un menor impacto ambiental. En este contexto, el adobe reforzado actúa como un aislante térmico natural, lo que significa que puede resistir el flujo de calor de manera efectiva. Los muros de adobe tienen una alta capacidad de almacenamiento térmico, lo que les permite absorber y retener calor durante el día y liberarlo lentamente durante la noche. Esto ayuda a mantener una temperatura interior más estable y confortable, reduciendo la necesidad de utilizar sistemas de calefacción o refrigeración artificial.

La capacidad de aislamiento térmico del adobe reforzado tiene varios beneficios económicos asociados. En primer lugar, reduce la dependencia de sistemas de climatización, lo que se traduce en un menor consumo de energía. Al requerir menos energía para mantener una temperatura interior adecuada, se reducen los costos de electricidad o combustible, lo que resulta en ahorros a largo plazo para los propietarios de viviendas. Aunado a ello, el aislamiento térmico del adobe reforzado permite reducir la necesidad de realizar modificaciones o mejoras posteriores en la vivienda para mejorar el confort térmico. Al mantener una temperatura interior más estable, se minimizan las variaciones térmicas y se reduce la probabilidad de condensación o formación de humedad en los muros. Esto contribuye a la durabilidad y vida útil de la construcción, evitando gastos adicionales en reparaciones o mantenimiento (Wieser *et al.*, 2020).

Otro aspecto económico significativo es la reducción en el tamaño y la capacidad requerida de los sistemas de calefacción y refrigeración. Al contar con un buen aislamiento térmico proporcionado por los muros de adobe reforzado, se puede optar por sistemas de menor capacidad y tamaño, lo que implica una inversión inicial menor y costos de mantenimiento más bajos. Además, el adobe reforzado fomenta la preservación y valorización de técnicas de construcción tradicionales. Al combinar métodos ancestrales con innovaciones en materiales de refuerzo, se promueve la conservación del patrimonio cultural y arquitectónico de una región, preservando la identidad local y fortaleciendo los lazos comunitarios (Brito-del Pino *et al.*, 2021).

En suma, la importancia del adobe reforzado en la construcción de viviendas se refleja en su carácter sostenible, accesible, resistente y eficiente en términos energéticos. Su capacidad para adaptarse a diferentes

contextos geográficos y climáticos lo convierte en una opción versátil y adecuada para diversas comunidades alrededor del mundo. El adobe reforzado no solo cumple con las necesidades de vivienda, sino que también promueve el desarrollo sostenible, la preservación cultural y la mejora de la calidad de vida de las personas.

5.3. Norma E.080 y el control de calidad del adobe reforzado

La Norma E.080, también conocida como “Diseño Sismorresistente”, es una normativa peruana que establece los requisitos y criterios técnicos para el diseño y construcción de edificaciones en zonas sísmicas. En el caso del adobe reforzado, esta norma resulta fundamental para garantizar la seguridad estructural de las viviendas construidas con este material (Alva *et al.*, 2020).

Según Ramírez (2021), la Norma E.080 establece los parámetros y especificaciones que deben seguirse durante el diseño y construcción de las viviendas de adobe reforzado. Esto incluye criterios relacionados con la resistencia sísmica, la capacidad de carga, el dimensionamiento de elementos estructurales y otros aspectos relevantes para asegurar la estabilidad y seguridad de las edificaciones.

Por su lado, Viera *et al.* (2023) destacan que el control de calidad del adobe reforzado es un elemento clave dentro de la implementación de la Norma E.080. Consiste en la realización de inspecciones y pruebas durante todo el proceso constructivo para verificar que se cumplan los requisitos establecidos en la normativa. Esto implica la supervisión de la fabricación del adobe, la adecuada colocación y unión de los elementos de refuerzo, así como el control de las técnicas constructivas utilizadas.

El control de calidad del adobe reforzado se enfoca en aspectos como la resistencia de los materiales, la correcta aplicación de los refuerzos, la compactación adecuada del adobe y la verificación de la calidad del mortero utilizado. También se verifica el cumplimiento de los estándares de construcción, tales como la correcta colocación de las juntas, la nivelación de los muros y la adecuada ejecución de los elementos estructurales (Brito-del Pino *et al.*, 2021).

La relación entre la Norma E.080 y el control de calidad del adobe reforzado se basa en su interdependencia para garantizar la adecuada implementación y cumplimiento de los estándares técnicos en la construcción de viviendas. Este reglamento establece los requisitos técnicos y criterios de diseño para edificaciones en zonas sísmicas, incluyendo aquellas construidas con adobe reforzado. Esta normativa proporciona lineamientos específicos sobre aspectos como la resistencia estructural, la capacidad de carga, los sistemas de refuerzo, los elementos estructurales y otros parámetros necesarios para asegurar la seguridad sísmica de las edificaciones (Alva *et al.*, 2020).

Ahora bien, Viera *et al.* (2023) resaltan que el control de calidad del adobe reforzado, por su parte, tiene como objetivo verificar que se cumplan los requerimientos establecidos por la Norma E.080 durante todo el proceso constructivo. Se realiza a través de inspecciones, pruebas y verificaciones en diferentes etapas, desde la fabricación del adobe hasta la finalización de la vivienda. Esto incluye la revisión de los materiales utilizados, la correcta colocación y unión de los refuerzos, la calidad del mortero y la aplicación de las técnicas constructivas adecuadas.

La relación entre ambas radica en que el control de calidad del adobe reforzado se apoya en los criterios y requisitos técnicos establecidos por la Norma E.080. A través de inspecciones y pruebas, se verifica que la construcción cumpla con los estándares de diseño y resistencia sísmica exigidos. Esto asegura que las viviendas de adobe reforzado sean estructuralmente seguras y cumplan con los estándares de calidad establecidos (Brito-del Pino *et al.*, 2021).

Es importante destacar que la Norma E.080 proporciona el marco normativo y los criterios técnicos necesarios para la construcción segura de viviendas en zonas sísmicas, y el control de calidad del adobe reforzado es la herramienta que verifica y garantiza el cumplimiento de dichos criterios durante todo el proceso constructivo. Esta relación estrecha entre la normativa y el control de calidad es esencial para asegurar la seguridad, confiabilidad y durabilidad de las viviendas construidas con adobe reforzado, brindando tranquilidad tanto a los propietarios como a las autoridades responsables de la supervisión y regulación en el sector de la construcción.





REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abanto, H. (2021). *Respuesta dinámica del modelamiento de edificios con base fija y con aisladores elastoméricos según las condiciones del suelo, Trujillo* [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/82984>

Aburto, M. (2023). *Informe sobre Resolución de Consejo Directivo N.º 034-2009-CD-OSITRAN de fecha 23 de septiembre de 2009: Análisis de la función de interpretación de contratos de concesión del OSITRAN en el marco de la solicitud de interpretación complementaria efectuada por Lima Airport Partners en el Expediente N.º 043-2009-OSITRAN* [tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/24368>

Aguilar, E., Cárdenas, A., Cárdenas, X., Quezada, R., y Sarmiento, J. (2018). Comparación de parámetros físicos y mecánicos entre el adobe y el tapial en el austro del Ecuador. *ASRI: Arte y Sociedad. Revista de Investigación*, (14), 268-279. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6266272>

Alarcón, E. (2023). Efectividad de la gestión administrativa del programa Techo Propio como alternativa para la construcción de viviendas en la provincia de Abancay (Perú), periodo 2019. *Revista de Climatología*, (23), 187-202. <https://rclimatol.eu/wp-content/uploads/2023/04/ArticuloCS23m.pdf>

Alcívar, M., Torres, J., y Panchana, R. (2023). La madera procedente de Manabí como material alternativo para la construcción de vivienda social en Chone. *Domino de las Ciencias*, 9(3), 185-207. <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/3279>

Aliaga, S., y Gonzales, E. (2020). *Propuesta de mallas de fibras de maguey para mejorar la resistencia de muros de adobe en el distrito de Colcabamba-Huancavelica* [tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <http://hdl.handle.net/10757/651586>

Alva, L., Elías, J., Paredes, L., y Silva, J. (2020). Elaboración de ladrillos en base a papel bond reciclado para muros no portantes. *SENDAS*, 1(4), 14-28. <https://doi.org/10.47192/rcs.v1i4.51>

Araca, F., Gómez, L., Cahui, A., y Marín, G. (2020). Influencia de la interacción suelo-estructura en el comportamiento de las viviendas apoticadas con zapatas aisladas en la ciudad de Juliaca. *Revista Científica de la UCSA*, 7(2), 70-81. http://scielo.iics.una.py/scielo.php?pid=S2409-87522020000200070&script=sci_arttext

Aranda, Y. (2023). Investigaciones sobre construcción con tierra. *Vivienda y Comunidades Sustentables*, (13), 9-19. <https://doi.org/10.32870/rvcs.v0i13.225>

Araya-Letelier, G., Carrasco, M., Burbano, C., Kunze, S., Reidel, Ú., y Gutiérrez, M. (2019a, 30-1 de noviembre). *Control de fisuración de mezclas de adobe reforzado con fibras sintéticas y naturales* (pp. 181-194). 15.º Congreso Internacional de Patología y Recuperación de Estructuras, Salta, Argentina. <https://goo.su/UCWE9>

Araya-Letelier, G., Duy, E., Reidel, Ú., Kunze, S., Burbano, C., y Saavedra, E. (2019b, 30-1 de noviembre). *Bloques de adobe reforzados transversalmente con plástico de botella recicladas* (pp. 168-180). 15.º Congreso Internacional de Patología y Recuperación de Estructuras, Salta, Argentina. <https://acortar.link/byGcc0>

Ardiles, C. (2021). *Evaluación de las propiedades físicas y mecánicas en mezclas tradicionales de adobe con la adición de Cemento Yura Ip, para el revestimiento del reservorio enterrado en el Sistema de Riego Ccarcco, comunidad San Fernando, distrito de Inkawasi, La Convención, Cusco-2018* [tesis de pregrado, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Institucional UAC. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/4492>

Atalaya, B. (2021). *Aplicación de sistemas de acondicionamiento ambiental en la construcción no convencional de adobe en las zonas rurales andinas de Áncash* [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/76357>



- Ayala, D., Jaramillo, P., Núñez, J., Trelles, E., y Zavala, A. (2021). *Programación de la ampliación de una institución educativa en funcionamiento e instalación de tres aulas temporales durante el periodo escolar en Morropón-Piura* [tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional UP. <https://hdl.handle.net/11042/5254>
- Bailón, E., Espinoza, R., y Acevedo, J. (2019). Bloque de suelo estabilizado en pequeño formato y tecnología de colocación en obra en vivienda de interés social. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 106-127. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612019000100105
- Berrospi, A. (2022). *Propuesta de construcción de defensa ribereña para inundaciones en el centro poblado Los Laureles, distrito de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco-año 2021* [tesis de licenciatura, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UH. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/3310>
- Blanco, V., D'Angelo, A., y Gil, J. (2022). Producción social de hábitats. El caso de las “mingas de bioconstrucción” en dos zonas costeras de la provincia de Buenos Aires. *Sociedad y Ambiente*, (25), 1-22. <https://doi.org/10.31840/sya.vi25.2542>
- Brito-del Pino, J., Santamría-Herrera, N., Macas-Peñaranda, C., y Tasán-Cruz, D. (2021). Elaboración de adobe sostenible. *Diseño, Arte y Arquitectura*, (11), 59-79. <https://doi.org/10.33324/daya.vi11.459>
- Catalán, P., Moreno-Martínez, J., Galván, A., y Arroyo, R. (2019). Obtención de las propiedades mecánicas de la mampostería de adobe mediante ensayos de laboratorio. *Acta Universitaria*, (29), 1-13. <https://doi.org/10.15174/au.2019.1861>
- Chica, L., y Llanes, D. (2022). Análisis de estudios aplicados a la construcción de vivienda de interés social sostenible en Cúcuta. *Formación Estratégica*, 3(2), 16-29. <https://www.formacionestrategica.com/index.php/foes/article/view/81>
- Congreso de la República. (2007). *Ley de regulación de habilitaciones urbanas y de edificaciones*. Ley N.º 29090. Diario Oficial El Peruano. <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29090.pdf>
- Cotrina, W. (2021). *Resistencia a la comprensión, flexión y absorción del adobe compactado, adicionando fibra de fique* [tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional UPN. <https://hdl.handle.net/11537/27736>
- Cruz, U. (2022). Bioconstrucción en Cooperativa de Vivienda por Ayuda Mutua Modesto Zeledón, municipio de San Dionisio, Matagalpa. *Revista Científica Tecnológica*, 5(1), 41-53. <https://revistarecientec.unan.edu.ni/index.php/recientec/article/view/189>
- Díaz-Torres, M. G., Parada-Carrillo, H. P., y Alvarado-Arias, M. J. (2019). Usos del adobe en diferentes países de América Latina. *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 10(2), 73-81. <https://doi.org/10.25213/2216-1872.22>
- Escalante, D., y Piñeiros, J. (2022). Caracterización física y mecánica del adobe del centro histórico de Quito sometido a envejecimiento acelerado. *infoANALÍTICA*, 10(2), 81-96. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8620997>
- Ferradas, P. (2020). Desastres: una mirada histórica y social para la gestión del riesgo. *Revista de Sociología*, (31), 55-80. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/sociologia/article/download/19276/16113/80096>
- García, C., Salcedo, A., y Torres, P. (2022). Diagnóstico participativo de la vivienda rural en el Municipio de San Cayetano del Departamento de Cundinamarca-Colombia. *Foro Científico*, 1(35), 16-28. <http://revistafaro.cl/index.php/Faro/article/view/869>
- Gómez, V., y Flores, R. (2022). *Evaluación de las propiedades físico mecánicas del adobe reforzado con mallas de alambre hexagonal y estabilizado con asfalto, Cusco-2021* [tesis de licenciatura, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Institucional UAC. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/5058>
- Gonzales, E. (2022). *Diseño comparativo estructural entre sistema apertado y albañilería confinada de una vivienda multifamiliar en el sector ADUS, Sullana, Piura, 2022* [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/101661>
- Guerrero, L. (2014). Potencial ecológico de la edificación con adobe. *Gremium*, 1(1), 23-35. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5217043>
- Guerrero, L. (2020). El uso de tierra modelada en la intervención de componentes constructivos de adobe. *Intervención (México DF)*, 11(22), 133-160. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-249X2020000200133&script=sci_arttext
- Guillén, C., Muciño, A., Guerrero, L., y Cruz, F. (2022). Optimización del proceso de elaboración de Bloques de Tierra Comprimida (BTC) mediante el control granulométrico de las partículas del suelo. *Nova Scientia*, 13(27), 1-28. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-07052021000200103&script=sci_arttext
- Hernández-Zamora, M., Jiménez-Martínez, S., y Sánchez-Monge, J. (2021). Materiales alternativos como oportunidad de reducción de impactos ambientales en el sector construcción. *Revista Tecnología en Marcha*, 34(2), 3-10. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822021000200003&script=sci_arttext

- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2018). *Políticas, planes y evaluación*. <https://portal.indeci.gob.pe/direccion-politicas-y-planes/indice-de-normas-sobre-la-gestion-del-riesgo-de-desastres/viii-normas-grd-ano-2018/>
- Jerónimo-Vargas, C., Rosales-Chávez, D., Valadéz-Castañeda, A., y Allende-Adelaido, D. (2022). Propuestas de adobe para viviendas vulnerables en el estado de Guerrero. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 10(19), 120-131. <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i19.8247>
- López, W. (2023). Determinación de las propiedades mecánicas en unidades de adobe reforzado con tallo de cebada y lana de ovino del Distrito de Caracoto – San Román – Puno – 2022 [Tesis de titulación, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez] <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/9298>
- Manzano, J., y Tantalla, S. (2023). *Adición de viruta de eucalipto y mucílago de cabuya para estabilizar unidades de adobe, San Salvador, Cusco 2022* [tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110686>
- Mateo, P., Velazquez-Sánchez, R., Gómez-Velázquez, J., y Ramos, A. (2021). Adobes sustentables a partir de los desechos de la producción de mezcal. *Revista Global de Negocios*, (9), 45-59. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3942093
- Mateus-Tuberquia, B., Valencia-Rodríguez, S., y Rojas-López, M. (2022). Gerencia de proyectos, diseño de un juego para aplicación en construcción de vivienda. *DYNA*, 89(223), 159-167. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n223.101561>
- Medina, D., Salas, H., Ticllacuri, R., y Paredes, W. (2022). Evaluación constructiva y funcional de vivienda rural de adobe estabilizado con caña carrizo del programa nacional de vivienda rural, Huancavelica. *Revista Científica Ciencias Ingenieriles*, 2(2), 1-30. <https://doi.org/10.54943/ricci.v2i2.217>
- Medina, F., y De la Torre, R. (2023). *Propuesta de adobe con virutas de molle como mejora en las propiedades físicas (durabilidad) y mecánicas (resistencia) para el uso en viviendas populares del distrito de Aija-Áncash* [tesis de licenciatura, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <http://hdl.handle.net/10757/667931>
- Miranda, J., Narváez, L., y Moreno, J. (2022). Valoración inicial de las propiedades de la goma de nopal como posible aditivo en la conservación de edificaciones de adobe. *Intervención (México DF)*, 13(25), 159-199. <https://doi.org/10.30763/intervencion.264.v1n25.43.2022>
- Mojica, H., y Bolaño, Y. (2019). Valoración estratégica integrada del uso sostenible del suelo en Sonora, México. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(4), 20-28. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000400020
- Moreano, P. (2019). *Evaluación comparativa de las propiedades físicas y mecánicas de la unidad de albañilería de adobe con tiras de caucho respecto a una unidad de adobe tradicional, Cusco 2019* [tesis de licenciatura, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Institucional UAC. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/3611>
- Olivera, J. (2022). *Evaluación de un aditivo natural en la estabilización de un suelo fino, bajo la Norma Técnica de Estabilizadores Químicos MTC E 1109-2004* [tesis de licenciatura, Universidad Andina del Cusco]. Repositorio Institucional UAC. <https://hdl.handle.net/20.500.12557/4740>
- Ortega, M., Giuliano, G., y Garzon, B. (2021). Modelos de balance térmico para la evaluación de una vivienda social de adobe. *Pensum*, 7, 100-117. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/159674>
- Ortiz, D., y Tendero, R. (2021). Sustainability análisis of the Santa Isabel state-San Miguel de nono-Ecuador. *Building & Management*, 5(1), 29-40. <https://doi.org/10.20868/bma.2021.1.4702>
- Pando, L. (2021). *Propuesta de diseño de modelo de vivienda de adobe de dos pisos a escala reducida reforzada con malla de cuerdas* [tesis de maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/18963>
- Parra, O., López, L., Pérez, O., y Alva, B. (2022). Modelo dinámico para analizar el ciclo de construcción de vivienda económica de la zona metropolitana de San Luis Potosí, México. *Estudios Geográficos*, 83(292), e095. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.2022103.103>
- Pesántez, J., y Tapia, C. (2018, 22-25 de octubre). *Una alternativa constructiva: pisos de tierra con fibra de cabuya y cascarilla de arroz*. 18.º Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra, La Antigua Guatemala, Guatemala. https://www.academia.edu/42657394/UNA_ALTERNATIVA_CONSTRUCTIVA_PISOS_DE_TIERRA_CON_FIBRA_DE_CABUYA_Y_CASCARILLA_DE_ARROZ
- Prado, J. (2020). Planificación urbana en Colombia en el siglo XXI: un abordaje sobre el marco legal de desarrollo territorial y su inherencia en la política de vivienda y construcción de ciudad. *Revista Ciudades, Estados y Política*, 7(3), 63-75. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2462-91032020000300063



- Quintero, D., López, V., Ferrerira, S., Rovere, A., Espinoza, P., y Sulbelza, C. (2021). Análisis granulométrico de sedimentos y dinámica fluvial en la cuenca del río Lorohuasi (Cafayate, Salta). *Serie Correlación Geológica*, 37(1), 19-48. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-94792021000100019
- Ramirez, O. (2021). Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del suelo con incorporación de asfalto para elaborar adobes. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 4(3), 15-19. <https://doi.org/10.25127/ucni.v4i3.802>
- Remache, B. (2019). *Análisis comparativo del diseño estructural de un proyecto de vivienda multifamiliar en concreto armado, aplicando el Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.030 (2014) y Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.030 (2016)* [tesis de licenciatura, Universidad Peruana Unión]. Repositorio Institucional UPU. <http://hdl.handle.net/20.500.12840/2121>
- Rivera, J. (2012). El adobe y otros materiales de sistemas constructivos en tierra cruda: caracterización con fines estructurales. *Apuntes*, 25(2), 164-181. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632012000200002
- Rivera, J., y Muñoz, E. (2012). Caracterización estructural de materiales de sistemas constructivos en tierra: el adobe. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 5(2), 135-148. https://www.scipedia.com/wd/images/a/a0/Draft_Content_834010676Rivera-Torres_Munoz-Diaz.pdf
- Rivera-Salcedo, H., Valderrama-Gutiérrez, O., Daza-Barrera, Á., y Plazas-Jaimes, G. (2021). Adobe como saber ancestral usado en construcciones autóctonas de Pore y Nunchía, Casanare (Colombia). *Revista de Arquitectura (Bogotá)*, 23(1). <https://doi.org/10.14718/revarq.2021.2762>
- Sabastizagal-Vela, I., Astete-Cornejo, J., y Benavides, F. (2020). Condiciones de trabajo, seguridad y salud en la población económicamente activa y ocupada en áreas urbanas del Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 37(1), 32-41. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2020.371.4592>
- Sánchez, A., Alonso, E., y López, M. (2021). Vulnerabilidad sísmica y la pérdida de la vivienda de adobe en Jotutla, Morelos, México, tras los sismos de 2017. *Vivienda y Comunidades Sustentable*, (10), 9-29. <https://doi.org/10.32870/rvcs.v2i10.162>
- Silupu, J., Sichez, J., y Reyna, C. (2019). Reutilización de plástico pet, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo. *Pueblo Continente*, 30(1). <http://journal.upao.edu.pe/PuebloContinente/article/view/1264>
- Suárez, R., Rocha, J., y Peralta, H. (2021). Bloques de tierra comprimida con adición de fibras vegetales como alternativa en la arquitectura de bajo impacto ambiental. *IDEA Construcción y Madera*, (3), 58-67. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/idea/article/view/3950>
- Torres, P., Arango, L., y Torres, W. (2023). Evaluación del aprovechamiento de lodos de plantas de tratamiento de agua potable en la preparación de adobe como material de construcción sostenible. *Revista EIA*, 20(39). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8751631>
- Vanga, M., Briones, O., Zevallos, I., y Delgado, D. (2021). Biconstrucción de vivienda unifamiliar de interés social con caña *Guadua angustifolia* Kunth. *Revista Digital Novasinerгия*, 4(1). <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.03>
- Viera, P., Gallegos, Y., Venegas, E. (2023). Resistencia a la comprensión y flexión de bloques elaborados a base de cangahua, cal, arcilla y paja. *Novasinerгия*, 6(1), 150-166. <https://doi.org/10.37135/ns.01.11.10>
- Villarreal, G., Cerna, M., y Espinoza, C. (2021). Interacción sísmica suelo-estructura en edificaciones con muros de ductilidad limitada sobre plateas de cimentación. *Revista Internacional de Ingeniería de Estructuras*, 26(1), 153-178. <https://doi.org/10.24133/riie.v26i1.1967>
- Wieser, M., Onnis, S., Meli, G. (2020). Desempeño térmico de cerramientos de tierra alivianada. Posibilidades de aplicación en el territorio peruano. *Revista de Arquitectura*, 22(1), 164-174. <https://doi.org/10.14718/revarq.2020.2633>
- Yacelga, J., y Nolivos, J. (2023). Construir con guadua: tendencias en estudios a nivel de Latinoamérica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 9413-9435. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i2.6042

Leonel Suasaca Pelinco

Afiliación: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez

Correo: leonelsp@uancv.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6657-665X>

Efrain Parillo Sosa

Afiliación: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez

Correo: d02416058@uancv.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7567-039X>

Arnaldo Yana Torres

Afiliación: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez

Correo: d41414676@uancv.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6740-5024>

Wilfredo Bailon Lopez Neyra

Afiliación: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez

Correo: E2190218033@uancv.edu.pe

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1745-380X>



