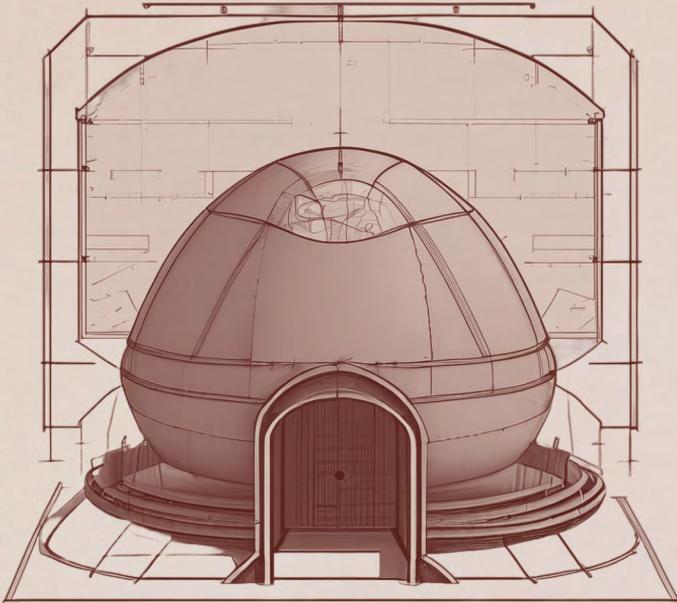




Religación
Press

Comportamiento sismorresistente

de vivienda tipo domo
con superadobe



Roberto Carlos Aldave Cristóbal
Marco Antonio Junior Cerna Vasquez
Oscar Abraham Ojeda Ortega

| Colección Ingeniería |

Comportamiento sismorresistente de vivienda tipo domo con superadobe

Roberto Carlos Aldave Cristóbal, Marco Antonio Junior Cerna
Vasquez, Oscar Abraham Ojeda Ortega

RELIGACION PRESS
QUITO · 2023



Equipo Editorial

Roberto Simbaña Q. Director Editorial
Felipe Carrión. Director de Comunicación
Ana Benalcázar. Coordinadora Editorial
Ana Wagner. Asistente Editorial

Consejo Editorial

Jean-Arsène Yao | Dilrabo Keldiyorovna Bakhronova | Fabiana Parra |
Mateus Gamba Torres | Siti Mistima Maat | Nikoleta Zampaki | Silvina
Sosa



Religación Press, es una iniciativa del Centro de Investigaciones CICSHAL
Diseño, diagramación y portada: Religación Press.
CP 170515, Quito, Ecuador. América del Sur.
Correo electrónico: press@religacion.com
www.religacion.com

Comportamiento sismorresistente de vivienda tipo domo con superadobe

Seismic-resistant behavior of dome-type housing with superadobe

Comportamento de resistência sísmica de habitações do tipo domo com superadobe

Primera Edición: 2023 Roberto Carlos Aldave Cristóbal©, Marco Antonio Junior Cerna Vasquez©, Oscar Abraham Ojeda Ortega©, Religación Press©

Editorial: Religación Press
Materia Dewey: 691 - Materiales de construcción
Clasificación Thema: TNKX - Conservación de edificios y materiales de construcción
TNT - Destrezas y oficios de la construcción
TNKP - Planificación de la edificación
BISAC: TEC005000, TEC005060
Público objetivo: Profesional/Académico
Colección: Ingeniería
Serie: Construcción
Soporte: Digital
Formato: Epub (.epub)/PDF (.pdf)
Publicado: 2023-10-31
ISBN: 978-9942-642-20-2

Disponible para su descarga gratuita en <https://press.religacion.com>

Este título se publica bajo una licencia de Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)



Citar como (APA 7)

Aldave Cristóbal, R.C., Cerna Vasquez M.A.J., & Ojeda Ortega, O.A. (2023). *Comportamiento sismorresistente de vivienda tipo domo con superadobe*. Religación Press. <https://doi.org/10.46652/ReligacionPress.75>

ISBN: 978-9942-642-20-2



Revisión por pares / Peer Review

Este libro fue sometido a un proceso de dictaminación por académicos externos. Por lo tanto, la investigación contenida en este libro cuenta con el aval de expertos en el tema, quienes han emitido un juicio objetivo del mismo, siguiendo criterios de índole científica para valorar la solidez académica del trabajo.

This book was reviewed by an independent external reviewers. Therefore, the research contained in this book has the endorsement of experts on the subject, who have issued an objective judgment of it, following scientific criteria to assess the academic soundness of the work.

Sobre los autores

Roberto Carlos Aldave Cristóbal

Ingeniero civil y maestro en dirección de empresas de la construcción de la universidad César Vallejo. Expositor en congresos internacionales y especialista en gerencia de la construcción y análisis de presupuestos.

<http://orcid.org/0000-0003-2574-0956>

Universidad César Vallejo | Perú

raldavec@ucvvirtual.edu.pe

Marco Antonio Junior Cerna Vásquez

Ingeniero Civil y maestro en gerencia de la construcción moderna de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo con distinción académica. Estudios culminados de doctorado en Ingeniería Civil en la Universidad Nacional del Santa. 33 conferencias internacionales a nivel de Latinoamérica. Perito Valuador con certificación SBS y MVCS.

<http://orcid.org/0000-0002-8259-5444>

Universidad César Vallejo | Perú

mcernav@ucvvirtual.edu.pe

Oscar Abraham Ojeda Ortega

Ingeniero civil de la Universidad Cesar Vallejo, especialista en topografía, con amplia experiencia en ejecución de edificios multifamiliares.

<http://orcid.org/0000-0002-2879-7934>

Universidad César Vallejo | Perú

oojedao01a@ucvvirtual.edu.pe

Resumen

En los últimos tiempos, algunos factores determinantes como los conflictos sociales, el ciclón Yaku y, sobre todo, el actual fenómeno de El Niño Costero, han tenido un impacto económico significativo. Como resultado, el Perú ha experimentado un cierre anual con una tasa de crecimiento del PBI del 0%. Este estudio detalla los parámetros sismorresistentes, el tipo de material de relleno y las dimensiones de la estructura de una vivienda tipo domo, diseñada para ser utilizada en zonas altoandinas o costeras del país. Esta vivienda es económica, versátil y segura. Se validó el trabajo mediante ensayos normativos de compresión no confinada en suelos granulares, cohesivos y adobe con varias proporciones, buscando la propuesta óptima para el Superadobe. El objetivo principal de esta investigación es proporcionar viviendas seguras y cómodas a personas con bajos recursos económicos y en situaciones de vulnerabilidad, sin necesidad de mano de obra calificada. Con este enfoque, estamos contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ODS 9 "Industria, Innovación e Infraestructura" y de la ODS 11 "Ciudades y Comunidades Sostenibles".

Palabras clave: sismorresistente; domo; material granular; cemento; compresión uniaxial; superadobe.

Abstract

In recent times, some determining factors such as social conflicts, the Yaku cyclone and, above all, the current El Niño Costero phenomenon, have had a significant economic impact. As a result, Peru has experienced an annual closing GDP growth rate of 0%. This study details the seismic-resistant parameters, the type of fill material and the dimensions of the structure of a dome-type house, designed for use in high Andean or coastal areas of the country. This house is economical, versatile and safe. The work was validated through normative tests of unconfined compression in granular, cohesive and adobe soils with various proportions, looking for the optimal proposal for the Superadobe. The main objective of this research is to provide safe and comfortable housing to people with low economic resources and in situations of vulnerability, without the need for skilled labor. With this approach, we are contributing to the fulfillment of the Sustainable Development Goals of SDG 9 "Industry, Innovation and Infrastructure" and SDG 11 "Sustainable Cities and Communities".

Keywords: seismic-resistant; dome; granular material; cement; uniaxial compression; superadobe.

Contenido

Revisión por pares / Peer Review	7
Sobre los autores	8
Resumen	10
Abstract	11
Introducción	19

Capítulo 1

Resistencia: adobe compactado y superadobe	23
Superadobe: investigaciones recientes	24
Definición y características del Superadobe	26
Características y métodos de construcción	27
Propiedades Generales del Superadobe	28
Normativa Asociada al Superadobe	29
Acercamiento a la investigación	29
a) Recolección de muestra	32
b) Ensayos normativos realizados	33
c) Elaboración y diseño de adobe	34
d) Ensayos normativos al adobe	35

Capítulo 2

Investigación y normativa al Superadobe	38
Caracterización del material	39
Dosificación de agua en material de relleno del superadobe	40
Ensayo de compresión uniaxial del material de relleno del superadobe sin dosificación	41
Ensayo de compresión apilado del material de relleno del superadobe sin dosificación	42
Ensayo de compresión uniaxial de material de relleno del superadobe dosificado	43

Ensayo de compresión inconfinado o apilado del material de relleno del superadobe dosificado	44
Ensayo de compresión uniaxial y apilado del adobe tradicional según la norma E.0.80	44
Análisis sismorresistente del material de relleno del superadobe en la vivienda tipo domo	45
a. Periodos de vibración:	45
b.- Esfuerzos	47
c.-Deformaciones	48
d.- Desplazamiento	53
Capítulo 3	55
Sobre la importancia del Superadobe	55
Mejora en el superadobe	56
Comportamiento estructural	56
Ladrillo tradicional y superadobe	57
Vivienda tipo domo	57
Conclusiones	59
Recomendaciones	60
Referencias	63

Tablas

Tabla 1. Caracterización del material granular y cohesivo	39
Tabla 2. Resultados del ensayo de Proctor	40
Tabla 3. Dosificación de agua	40
Tabla 4 Ensayo a la compresión no confinada del material.	41
Tabla 5: Ensayo a la compresión inconfnada del material.	42
Tabla 6. Ensayo a la compresión uniaxial del material dosificado.	43
Tabla 7. Ensayo a la compresión inconfnada del material	44
Tabla 8. Ensayo a la compresión uniaxial del adobe tradicional.	45
Tabla 9. Ensayo a la compresión inconfnada del adobe tradicional.	45
Tabla 10. Periodos de Vibración.	46
Tabla 11. valores máximos y mínimos de fuerzas internas.	47
Tabla 12. Valores máximos y mínimos de esfuerzos.	48
Tabla 13. Control de esfuerzos y compresión.	48
Tabla 14. Desplazamiento máximo y mínimo.	53

Figuras

Figura 1. Extracción de suelo granular	32
Figura 2. Extracción de suelo cohesivo	32
Figura 3. Materiales recolectado para la investigación	33
Figura 4. Ensayo de granulometría	33
Figura 5. Ensayo de limites de Attenberg	34
Figura 6. Preparación del Superadobe	34
Figura 7. Adobe preparado según NTE	35
Figura 8. Ensayo a compresión del material granular	35
Figura 9. Ensayo a compresión del material cohesivo	35
Figura 10. Ensayo a compresión del adobe tradicional	36
Figura 11. Análisis de las fuerzas F11	49
Figura 12. Análisis de las fuerzas F22	50
Figura 13. Análisis del esfuerzo S11	51
Figura 14. Análisis del esfuerzo S22	52

| Colección Ingeniería |

Comportamiento sismorresistente de vivienda tipo domo con superadobe

· Serie ·
Construcción

Introducción

El adobe es un antiguo material de construcción que fue utilizado por las culturas prehispánicas y sigue siendo una opción viable en muchas partes del país en la actualidad. Esta técnica de construcción ha tenido un impacto significativo en el desarrollo de la ingeniería civil en Perú, dando lugar a edificios icónicos con una identidad cultural distintiva. El adobe, compuesto normalmente de tierra, agua, fibras y ocasionalmente cemento, es un material ecológico y sostenible, muy adecuado para el clima y el medio ambiente del país.

Según González et al. (2019), Latinoamérica y Perú son regiones que experimentaron una alta frecuencia de terremotos debido a su situación geográfica en el Cinturón de Fuego del Pacífico. Estas zonas están situadas en los límites de placas tectónicas activas, lo que provoca una actividad importante sísmica. Los terremotos en América Latina y Perú han tenido efectos devastadores en términos de víctimas humanas y daños estructurales (Smith, 2018). Estudiar y comprender estos fenómenos es esencial para gestionar el riesgo sísmico y aplicar medidas de mitigación adecuadas (González et al., 2019).

Perú, como muchos otros países, está experimentando un crecimiento rápido y tiene que hacer frente a la gran demanda de viviendas en zonas de extrema pobreza. Para hacer frente a este reto, se necesita una solución económica para construir viviendas con recursos locales que no dañen el medio ambiente. Las estruc-

turas no sólo deben ser sismorresistentes, sino también asequibles, para que las personas con recursos económicos limitados pueden construir sus propias casas. El gobierno está tomando medidas para ayudar a estas familias en extrema pobreza mediante el programa “Fondo Mi Vivienda”, pero esto no basta para satisfacer la gran demanda (Barrionuevo, 2011).

En los últimos años, el sistema de construcción conocido como “Superadobe” ha ganado popularidad debido a su versatilidad y capacidad para resistir catástrofes naturales. Según Nader Khalili (1997), el Superadobe es una técnica de construcción que utiliza sacos de tierra compactada y alambre de espinos para formar estructuras resistentes. Khalili desarrolló este método en respuesta a la necesidad de viviendas seguras y asequibles en zonas propensas a terremotos y otras catástrofes. El superadobe ha demostrado ser una solución eficaz en distintas partes del mundo, incluido Perú. Según Rodríguez et al. (2015), sí ha utilizado en comunidades rurales peruanas afectadas por terremotos, necesitando una alternativa duradera y resistente a las viviendas convencionales. Además de su resistencia sísmica, el Superadobe también aporta beneficios ambientales. Al utilizar suelo local como material principal de construcción, se reduce los costes y la huella de carbono asociados a la producción y el transporte de materiales convencionales.

Sin embargo, el uso del adobe también presenta desafíos y limitaciones. La vulnerabilidad a los terremotos y a la erosión causada por lluvias intensas son aspectos que deben tenerse en cuenta para garantizar la seguridad y durabilidad de las cons-

trucciones. Es necesario llevar a cabo investigaciones y estudios que permitan mejorar las técnicas constructivas y desarrollar nuevas soluciones para abordar estos problemas.

La presente investigación se centra en analizar el impacto del material de relleno utilizado en la construcción de Superadobe, así como modelar y analizar su comportamiento frente a acciones sísmicas. Para lograr esto, se considerarán dos tipos de suelo y se realizarán dos muestras en su estado natural, junto con otras cuatro muestras dosificadas de relleno. El objetivo es obtener información sobre el comportamiento del material y comparar su resistencia con la del adobe tradicional, siguiendo las pautas establecidas en la norma E.080. Además, se evaluará si el Superadobe cumple con los requisitos establecidos por la Norma E.030 de Diseño Sismorresistente.

Superadobe: investigaciones recientes

Vermiglio (2019) en su investigación titulada: “Comparación de la resistencia a compresión uniaxial en unidades de adobe tradicional, adobe compactado y superadobe”, consideró como la metodología ensayar 20 adobes tradicionales, 20 adobes compactados y 20 superadobes en cumplimiento a la normativa E080 Tierra reforzada. En cuanto a la conclusión del trabajo, se evidencia una mejora en resistencia de hasta 45.94% en comparación al adobe tradicional, y una mejora en resistencia de 34.93% en comparación a los especímenes de adobe compactado.

Barnet y Jabrane (2015) en el artículo científico titulado: “Eco-domo, un hábitat para reducir la vulnerabilidad frente al friaje en el Perú”, sostuvieron como objetivo el implementar la técnica constructiva “superadobe” para edificar viviendas de mejor calidad a un costo tan bajo en diversas localidades del Perú. En cuanto a la metodología, se realizó un modelo a escala 1/1 de espacio de vida mínimo de 30 m² para una familia con dos niños y se realizaron evaluaciones experimentales con 11 proporciones con tierra, arena, paja, cal y césped para el revestimiento exterior. Como conclusión se enseña una diferencia muy notable a favor del Eco-Domo en cuanto a las pérdidas caloríficas con menos del tercio de pérdidas por transmisión de calor.

Leon (2019) en su trabajo de investigación titulado: “Diseño de un domo de adobe sismoresistente con propiedades fotocatalizadoras en la Encañada- Cajamarca”, tuvo como objetivos el verificar la capacidad sismorresistente del domo propuesto me-

diante el programa Robot Estructural y determinar la pérdida o ganancia térmica con la ayuda del programa solidworks. En cuanto a la metodología propuesta se considero que el armado será de fierro cemento, el cual consta de un mallado base el cual servirá como apoyo de la primera cubierta del domo y en el cual se asentara el adobe. Como conclusiones, en cuanto a la análisis sísmico, como si bien es de adobe un material que no es recomendable para resistir sismos puede llegar a usarse para este fin si tiene como forma estructural una cascara de ferrocemento; en cuanto al aspecto térmico, se podría usar una estructura de este tipo para locaciones bastante remotas con el uso de ciertos forma de calefacción adicional.

Por su parte, Miranda (2016) en su trabajo de investigación titulado: “Elaboración de una dosificación para fabricación de superadobe, con ensacados de yute, cabuya”, se realizaron 3 tipos de dosificación considerando tierra de sitio, agua y cemento portland tipo I, siendo evaluados por resistencia a compresión el superadobe con sacos de cabuya. En cuanto a la conclusión general, se indica que, a mejor dosificación, se consiguió con la mezcla de 250 kg de tierra más 62,5 kg de cemento y agua 59,26 kg, con la cual se obtuvo una resistencia 20,592 MPa con sacos de cabuya y 20,026 MPa con sacos de polipropileno, superior a las demás dosificaciones.

En la búsqueda constante de soluciones de ingeniería duraderas y eficaces, el “superadobe” se ha consolidado como un método innovador de construcción. La técnica, desarrollada por Nader Khalili en la década de 1980, utiliza bolsas llenas de tierra

y aseguradas con alambre de púas para crear estructuras fuertes y duraderas.

Definición y características del Superadobe

Es un sistema constructivo que utiliza sacos de polipropileno o yute natural rellenos de tierra, arena y cal para construir muros y cúpulas. A continuación, se presentan algunas características y beneficios del superadobe según los resultados de la búsqueda:

- Es una solución de bajo costo de construcción
- Se trabaja en forma de bóvedas, lo que permite construir estructuras curvas y orgánicas
- Es una opción de construcción sostenible y respetuosa con el medio ambiente
- No necesita mucha mano de obra y no se necesita una forma específica para construir con superadobe
- Tiene una alta capacidad de aislamiento térmico, lo que permite mantener una temperatura agradable en el interior de la vivienda
- Tiene una buena capacidad de aislamiento acústico, lo que reduce el ruido exterior
- Es un material resistente y duradero, capaz de soportar cargas verticales y horizontales

- Puede utilizarse para construir estructuras de diferentes formas, como arcos, cúpulas, bóvedas y formas rectangulares
- Puede utilizarse para construir silos, infraestructura como presas, cisternas, carreteras, puentes y para estabilizar orillas y cursos de agua
- Puede ser cubierto con vegetación, como una especie de techo verde que cubre toda la estructura

Características y métodos de construcción

El Superadobe se basa en los fundamentos de resistencia y durabilidad de los materiales. Las bolsas se llenan con tierra, generalmente tierra local del sitio de construcción, que se coloca en capas y se compacta para formar las paredes. Estos sacos están amarrados con alambre de púas, proporcionando cohesión y estabilidad estructural. Según Khalili (1997), esta técnica combina elementos de construcción tradicionales con las ventajas de la ingeniería moderna, creando estructuras asequibles y sostenibles.

La tierra es un excelente aislante natural, lo que significa que las estructuras de superadobe mantienen una temperatura más constante en el interior, lo que reduce la necesidad de calefacción o refrigeración adicional (Khalili, 1997).

En un mundo cada vez más preocupado por la sustentabilidad, el superadobe ofrece una solución ecológica en la construc-

ción. Esta técnica utiliza materiales locales y fácilmente disponibles, lo que reduce la necesidad de transporte y minimiza la huella de carbono asociada. Además, el proceso de construcción con superadobe es relativamente simple y las comunidades locales pueden aprenderlo, lo que ayuda a promover el desarrollo y el empoderamiento local.

Propiedades Generales del Superadobe

El superadobe se destaca por sus propiedades intrínsecas que lo hacen una opción atractiva en ingeniería civil. La técnica involucra el uso de sacos rellenos de tierra local y materiales estabilizantes como alambre de púas. La compactación de estos sacos crea estructuras sólidas y resistentes. Estas propiedades se traducen en una alta capacidad de carga y una sorprendente resistencia ante fuerzas sísmicas (Khalili, 1997).

Una de las características especiales del superadobe es su capacidad para soportar cargas sísmicas. Las estructuras de superadobe han demostrado una asombrosa capacidad para absorber y redistribuir las fuerzas generadas por los terremotos, lo que las convierte en opciones atractivas para áreas propensas a sísmicas (Khalili, 2009). Además, la combinación de bolsas de suelo y alambre de púas confiere una alta ductilidad a estas estructuras, lo cual es esencial para su comportamiento sísmico.

Otra ventaja es el aislamiento que proporciona el superadobe. La tierra es un excelente aislante natural, lo que significa que

las estructuras de superadobe mantienen una temperatura más constante en el interior, lo que reduce la necesidad de calefacción o refrigeración adicional (Khalili, 1997).

Normativa Asociada al Superadobe

A medida que el interés en el superadobe ha crecido, ha surgido la necesidad de establecer normativas y pautas para garantizar la seguridad y la calidad de las estructuras construidas con esta técnica.

En muchos países, el superadobe no está aun totalmente regulado por normas específicas de construcción, lo que puede plantear desafíos en términos de aprobaciones y permisos. Sin embargo, algunos organismos y expertos en ingeniería civil como en Chile y México están trabajando en la formulación de directrices para el uso seguro y eficaz del superadobe. Con un enfoque en la investigación y la concientización, es posible superar estas barreras y darse cuenta de todos los beneficios que ofrece el superadobe en la ingeniería civil del futuro

Acercamiento a la investigación

El tipo de investigación es aplicada ya que explica cómo se desarrollará la investigación probando la hipótesis y dando respuestas a las preguntas, nos muestra como son los procedimien-

tos métodos y técnicas para la recolección de datos, instrumentos, etc. (Ávila Baray, 2006).

La investigación experimental se presentó mediante el manejo de una variable, en condiciones estrictamente controladas, para poder describir de qué modo o por qué causa se produce un contexto o suceso representativo (Palella y Martins, 2012).

El diseño de investigación fue experimental; puesto que en el desarrollo de la investigación se recogió las muestras del material a estudiar para elaborar los EMS. Luego realizamos un instrumento donde realizamos las dosificaciones del material de relleno manipulando la variable dependiente, luego se obtuvo los resultados de compresión uniaxial y apilados, finalmente se analizó el comportamiento sismorresistente del superadobe muestra 3 para ver su comportamiento ante una acción sísmica y comparar los resultados con la norma E.0.30.

En cuanto a las variables, se consideró como dependiente los materiales de relleno del super adobe y como independiente el comportamiento sismorresistente.

En la presente investigación se consideró como muestra 6 análisis de relleno de material del superadobe en las viviendas tipo Domo. De igual forma, se ha considerado una vivienda de 6.60m de altura y con una base de 6.60m, como se muestra en el plano. En cuanto al procedimiento se indica de manera explícita a continuación:

a) Recolección de muestra

Figura 1. Extracción de suelo granular



Figura 2. Extracción de suelo cohesivo



Figura 3. Materiales recolectado para la investigación



b) Ensayos normativos realizados

Figura 4. Ensayo de granulometría



Figura 5. Ensayo de limites de Attenberg



c) Elaboración y diseño de adobe

Figura 6. Preparación del Superadobe



Figura 7. Adobe preparado según NTE



d) Ensayos normativos al adobe

Figura 8. Ensayo a compresión del material granular



Figura 9. Ensayo a compresión del material cohesivo



Figura 10. Ensayo a compresión del adobe tradicional



Caracterización del material

En la tabla 1, se presentan los resultados de las propiedades físicas realizadas al material cohesivo y material granular.

Tabla 1. Caracterización del material granular y cohesivo

Características	Unidad	Material granular	Material cohesivo
Contenido de Humedad	%	1.40	2.1
Grava	%	13.8	18.3
Arena	%	76.0	49.5
Pasante Malla N°200	%	10.1	32.2
Limite Líquido	%	20	22
Limite Plástico	%	NP	20
Índice de Plasticidad	%	NP	2
Clasificación SUCS	-	SW-SM	SM
Clasificación AASHTO	-	A-1-b (0)	A-2-4 (0)

Se evidencia que los valores del suelo cohesivo cumplen el rango mínimo de límites específicos de serie de suelos finos, a comparación del suelo granular.

En cuanto al material de relleno del super adobe se realizó el ensayo de Proctor modificado en cumplimiento a la norma ASTM D1557, teniendo los siguientes resultados.

Tabla 2. Resultados del ensayo de Proctor

Descripción	Unidad	Granular	Cohesivo
Max. Densidad seca	gr/cm ²	2.043	2.018
Optimo contenido de humedad	%	6.5	7.5

Dosificación de agua en material de relleno del superadobe

Tabla 3. Dosificación de agua

DOSIFICACION DE AGUA EN CADA MATERIAL DE ENSAYO				
HORMIGON + AGUA				
Materiales	Cantera	Diseño (%)	PUS (kg/ m3)	Pesos (kg)
Hormigón	California	100.0	1754.0	1754.0
Agua	-	6.5	1000	114.0
COHESIVO + AGUA				
Materiales	Cantera	Diseño (%)	PUS (kg/ m3)	Pesos (kg)
Cohesivo	Terracita	100.0	1625.0	1625.0
Agua	-	7.5	1000	121.9
ADOBE + AGUA				
Materiales	Cantera	Diseño (%)	PUS (kg/ m3)	pesos (kg)
Adobe	Terracita	100.0	1457.0	1457.0
Agua	-	9.1	1000	132.6

En función a los diseños realizados para cada material se ha utilizado para el granular 0.114 m³ y para el cohesivo 0.122 m³.

Ensayo de compresión uniaxial del material de relleno del superadobe sin dosificación

Se realizó el ensayo de compresión no confinada o uniaxial al material cohesivo y material granular en repeticiones de tres de cada material en probetas de forma cilíndrica. Se presentan los resultados en la Tabla 4.

Tabla 4 Ensayo a la compresión no confinada del material.

ITEM	MATERIAL	EDAD (días)	LONG. (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	RESISTENCIA (kg/cm ²)	PROMEDIO (kg/cm ²)
MUESTRA 1	COHESIVO 100%	3	10.1	80.1	74	0.92	0.92
		3	10.2	81.7	75	0.92	
		3	10.0	78.5	73	0.93	
MUESTRA 2	GRANULAR 100 %	3	10.2	81.7	89	1.09	1.09
		3	10.2	81.7	90	1.10	
		3	10.1	80.1	87	1.09	

Las resistencias máximas de los materiales en compresión no confinada de granular es 1.09 kg/cm², y el cohesivo es 0.92 kg/cm². Por lo tanto, decimos que la mayor resistencia del material es el granular en su estado de 100% sin alterar, con un promedio de 1.09 kg/cm².

Ensayo de compresión apilado del material de relleno del superadobe sin dosificación

Los testigos de cada material, presentando tiene las siguientes dimensiones; para material cohesivo y granular 0.30 de ancho * 0.60 de largo * 0.10 de alto y se apilo en fila de 3.

Tabla 5: Ensayo a la compresión inconfiada del material.

Item	Denominación	Edad (días)	Long. (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Carga máxima (kg)	Modulo de rotura		Kg/cm ²
							(Mpa)	Kg/cm ²	
Muestra 1	Cohesivo	3	47.0	30.0	32.0	3.960	0.28	2.81	2.77
		3	49.0	30.0	31.5	3.990	0.27	2.71	
		3	46.0	31.0	31.0	3.960	0.27	2.79	
Muestra 2	Granular	3	45.2	31.0	32.0	4.250	0.30	3.03	3.01
		3	46.0	31.0	31.0	4.190	0.29	2.94	
		3	38.9	30.0	30.0	4.130	0.30	3.06	
1	Adobe	3	38.5	15.1	10.1	679	0.11	1.16	1.18
2		3	38.5	15.1	10.5	689	0.12	1.19	
3		3	38.0	15.0	10.0	675	0.12	1.18	

Los valores máximos de los materiales en compresión inconfiada de hormigón es 3.01 kg/cm² y para la muestra cohesiva es 2.77 kg/cm².

Ensayo de compresión uniaxial de material de relleno del superadobe dosificado

Tabla 6. Ensayo a la compresión uniaxial del material dosificado.

ITEM	MATERIA- LES	EDAD (días)	LONG. (cm)	AREA (cm ²)	CARGA (kg)	RESIST. (kg/cm ²)	PROM. (kg/cm ²)
MUES- TRA 3	20% COHE- SIVO + 70% GRANULAR + 10% CE- MENTO	3	10.0	78.5	365	4.65	4.76
		3	10.0	80.1	395	4.93	
		3	10.0	81.7	385	4.71	
MUES- TRA 4	30% COHE- SIVO + 60% GRANULAR + 10% CE- MENTO	3	10.2	81.7	335	4.1	4.12
		3	10.0	78.5	325	4.14	
		3	10.1	80.1	330	4.12	
MUES- TRA 5	60% COHE- SIVO + 30% GRANULAR + 10% CAL	3	10.2	81.7	325	3.98	3.83
		3	10.0	78.5	382	3.82	
		3	10.0	78.5	369	3.69	
MUES- TRA 6	70% COHE- SIVO + 20% GRANULAR + 10% CAL	3	10.1	81.7	275	3.43	3.47
		3	10.2	81.7	290	3.55	
		3	10.0	78.5	270	3.44	

Según las pruebas realizadas en laboratorio obtuvimos los valores como se muestra en la tabla 7, la resistencia a la compresión máxima del superadobe dosificado se da en la muestra 3 con el porcentaje de 4.93 kg/cm².

Ensayo de compresión inconfinado o apilado del material de relleno del superadobe dosificado

Tabla 7. Ensayo a la compresión inconfinada del material

Item	Materiales	Edad (días)	Long. (Cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Carga máxima (kg)	Modulo de rotura		Kg/cm ²
							(Mpa)	Kg/cm ²	
Muestra 3	20% Cohesivo + 70% granular + 10% cemento	3	45.0	30.0	31.0	5.550	0.40	4.11	4,06
		3	45.0	31.0	31.0	3.990	0.39	4.02	
		3	45.2	32.0	31.0	3.960	0.40	4.04	
Muestra 4	30% Cohesivo + 60% granular + 10% cemento	3	45.2	30.8	30.9	5.400	0.38	3.88	3.87
		3	45.1	31.6	31.5	5.500	0.38	3.86	
		3	45.3	31.5	31.4	5.510	0.38	3.86	
Muestra 5	60% Cohesivo + 30% granular + 10% cal	3	45.5	30.4	30.8	4.700	0.33	3.40	3.44
		3	45.3	30.8	31.0	4.850	0.34	3.48	
		3	45.4	30.5	31.0	4.750	0.34	3.43	
Muestra 6	70% Cohesivo + 20% granular + 10% cal	3	45.0	30.5	31.1	4.100	0.29	2.99	3.05
		3	45.4	30.7	30.7	4.150	0.29	2.98	
		3	45.1	31.0	31.2	4.450	0.31	3.18	

Por lo tanto, la muestra 3 es el más recomendable de 20% de cohesión y 70 granular 10% de cemento, ya que se obtuvo 4.06 kg/cm², como valor de máxima resistencia a la compresión.

Ensayo de compresión uniaxial y apilado del adobe tradicional según la norma E.0.80

El análisis del adobe tradicional se validó con la Norma E.0.80. Para este caso, se realizó 3 ensayos en testigos unitarios y testigos apilados, con la finalidad de conocer su máxima resistencia.

Tabla 8. Ensayo a la compresión uniaxial del adobe tradicional.

N° de testigo	Denominación	Edad (días)	Diam. (Cm)	Area (cm2)	Carga (kg)	Resistencia (kg/cm2)	Resistencia que se toma en cuenta
1	Adobe	3	10.1	80.1	77.0	0.96	0.99
2		3	10.0	78.5	78.0	0.99	
3		3	10.1	80.1	79.0	0.99	

Tabla 9. Ensayo a la compresión inconfina del adobe tradicional.

N° de testigo	Denominación	Edad (días)	Long. (Cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Carga máxima (kg)	Modulo de rotura		Kg/cm2
							(Mpa)	Kg/cm2	
1	Adobe	3	38.9	15.1	10.1	679	0.11	1.16	1.18
2		3	38.5	15.1	10.5	689	0.12	1.19	
3		3	38.0	15.0	10.0	675	0.12	1.18	

Podemos comprobar que el adobe tradicional presenta una resistencia a la compresión muy baja en comparación a los resultados obtenidos en la muestra 4, el cual presenta una mejora en resistencia a la compresión, es por ello que tomamos como referencia la muestra 4 para poder analizar su comportamiento ante una acción sísmica.

Análisis sismorresistente del material de relleno del superadobe en la vivienda tipo domo

a. Periodos de vibración:

Se presenta a continuación los 23 modos de vibración considerados en la estructura de Domo. Los resultados se visualizan en la siguiente tabla.

Tabla 10. Periodos de Vibración.

Modo	Periodo seg	Frecuencia
	Seg	Hz
1	0.30000	15.11959
2	0.30000	17.845573
3	0.30000	17.8455732
4	0.30000	17.89344
5	0.30000	17.8934402
6	0.22500	29.3672814
7	0.18000	29.8050074
8	0.15000	31.7424908
9	0.12857	32.7347884
10	0.11250	32.7347884
11	0.10000	33.6210200
12	0.09000	33.8174103
13	0.74380	33.8174108
14	0.06250	38.9540302
15	0.05325	38.9540306
16	0.04592	39.4571121
17	0.04000	39.4571121
18	0.03516	40.0885073
19	0.03114	42.3458918
20	0.02778	24.3489182
21	0.02493	45.6609831
22	0.02250	46.7547081
23	0.02041	465.7547082

En función a los indicado, el periodo fundamental de la estructura, es 0.30 segundos.

b.- Esfuerzos

La estructura fue considerada como elemento tipo Shell. De igual forma, se incluyó 10 combinaciones de carga según la normativa vigente. Se presenta en las siguientes tablas los valores obtenidos de tensiones normales horizontales (S22), tensiones normales verticales (S11) y esfuerzos cortantes (S12) que corresponden a valores máximos y mínimos para cada combinación.

Tabla 11. valores máximos y mínimos de fuerzas internas.

Combinaciones	Fuerzas kg/cm ²			
	F11		F22	
	Max	Min	Max	Min
D	20.61	-18.68	-7.76	-72.51
D+L	17.66	-16.01	-6.65	-62.15
D+0.7EX	55.05	-33.28	4.49	-128.8
D-0.7EX	55.05	-33.28	4.49	-128.8
D+0.7EY	55.05	-33.28	4.49	-128.8
D-0.7EY	55.05	-33.28	4.49	-128.8
0.75D+0.75L+0.5EX	44.37	-28.35	-1.93	-109.76
0.75D+0.75L-0.5EX	44.37	-28.35	-1.93	-109.76
0.75D+0.75L+0.5EY	44.37	-28.35	-1.93	-109.76
0.75D+0.75L-0.5EY	44.37	-28.35	-1.93	-109.76
COMBO TOTAL	435.95	-281.22	-22.31	-1088.87

Tabla 12. Valores máximos y mínimos de esfuerzos.

Combinaciones	Esfuerzos kg/cm ²					
	S11		S22		S12	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
D	1.37	-1.25	-0.52	-4.83	0.21	-0.21
D+L	1.18	-1.07	-0.44	-4.14	0.18	-0.18
D+0.7EX	3.67	-2.22	0.3	-8.59	4.01	-4.01
D-0.7EX	3.67	-2.22	0.3	-8.59	4.01	-4.01
D+0.7EY	3.67	-2.22	0.3	-8.59	4.01	-4.01
D-0.7EY	3.67	-2.22	0.3	-8.59	4.01	-4.01
0.75D+0.75L+0.5EX	2.96	-1.89	-0.13	-7.32	2.87	-2.87
0.75D+0.75L-0.5EX	2.96	-1.89	-0.13	-7.32	2.87	-2.87
0.75D+0.75L+0.5EY	2.96	-1.89	-0.13	-7.32	2.87	-2.87
0.75D+0.75L-0.5EY	2.96	-1.89	-0.13	-7.32	2.87	-2.87
COMBO TOTAL	29.07	-18.75	-1.49	72.59	27.58	-27.58

Tabla 13. Control de esfuerzos y compresión.

Combinacion	Control de esfuerzo y compresion			
	Esfuerzo máximo			Compresión
	Máximo	Mínimo	KG/CM ²	KG/CM ²
D+L+E	3.67	1.07	3.67	4.11

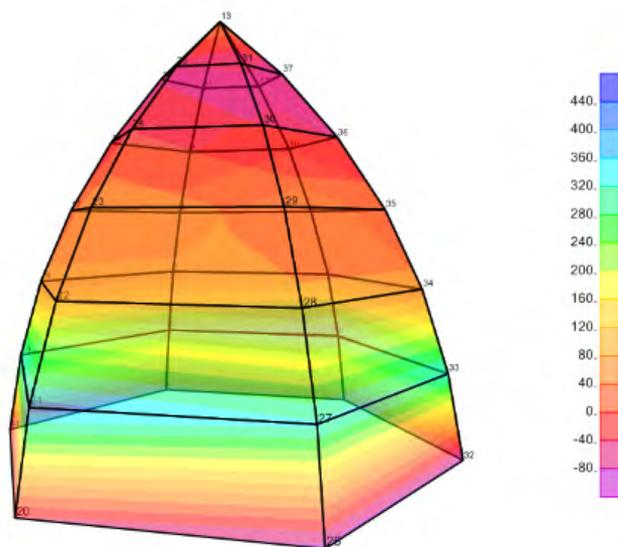
Fuente: Elaboración propia.

c.-Deformaciones

La estructura presenta deformaciones máximas lineales y angulares para lo cual se muestran resultados del modelo en forma conjunta de la estructura. Para la interpretación se debe tener en cuenta para deformaciones lineales en unidades de cm y para deformaciones angulares en unidades de radianes.

En los modelos de tipo domo la colocación con material granular y cohesivo se observa una disminución en el valor de los esfuerzos en relación con la sin granular y cohesivo, el elemento se refuerza unen partes importantes de concentración de esfuerzos uniendo las posibles grietas y fisuras. Además, estos elementos generan un aumento en los esfuerzos admisibles de los materiales por el efecto de refuerzo directo.

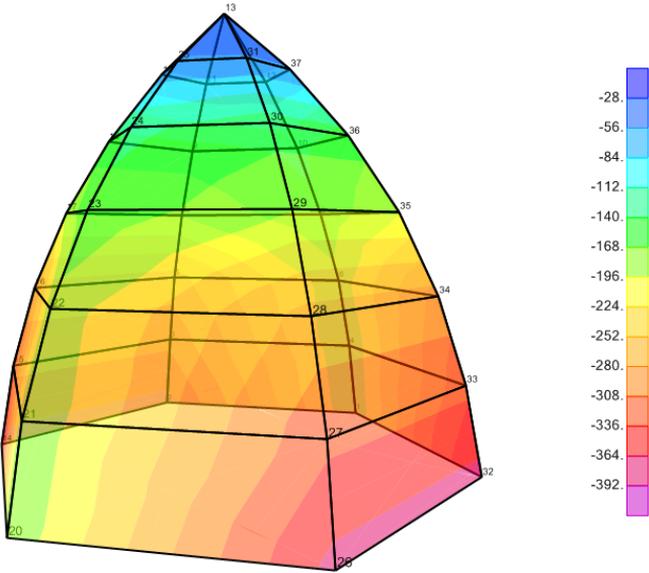
Figura 11. Análisis de las fuerzas F11



De los resultados, la respuesta estructural se puede analizar teniendo en cuenta que al tener luces libres, debido a su peso se flexionan por tanto al analizar el elemento en la dirección vertical,

el mayor esfuerzo de flexión ocurre en las zonas libres centrales y las paredes laterales (máximo positivo – cian), además podemos observar que en un gran porcentaje del elemento los momentos flexionantes se generan en la parte superior del domo (valores máximos y cercanos a superar el valor permisible – azul), por lo cual se deduce que el elemento experimenta ligeras deflexiones que garantizan la estabilidad de la estructura.

Figura 12. Análisis de las fuerzas F22



En el caso de la dirección horizontal 2, los valores máximos solo se encuentran en las zonas superiores del domo de forma similar a la dirección 1 (máximo valor positivo – cian), mientras que las demás zonas tienen valores casi nulos (valores mínimos – rojo).

Figura 13. Análisis del esfuerzo S11

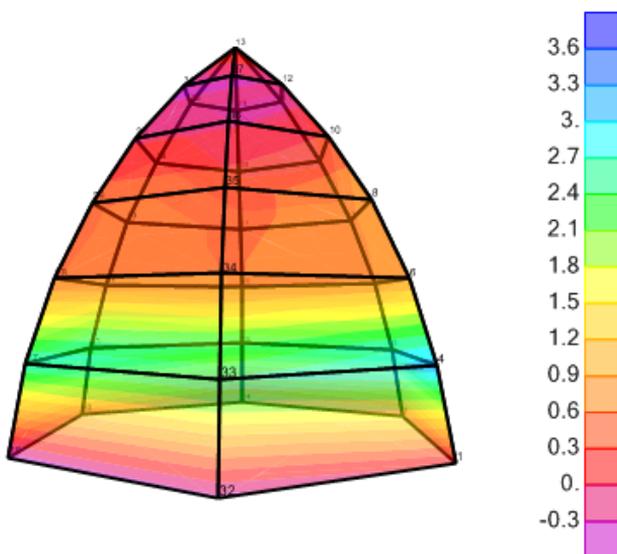
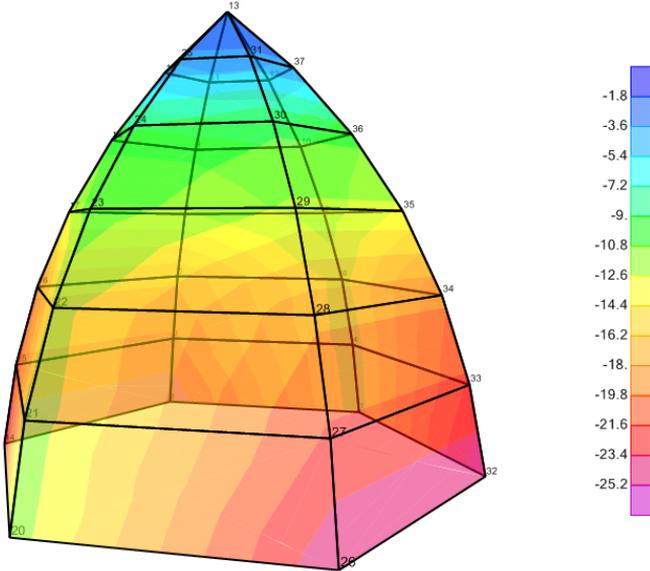


Figura 14. Análisis del esfuerzo S22



De acuerdo a los diagramas de esfuerzos, podemos observar que en un gran porcentaje del elemento los momentos flexionantes son neutros (valores mínimos), por lo cual se deduce que el elemento no experimenta grandes deflexiones garantizando la estabilidad de la estructura.

d.- Desplazamiento

Tabla 14. Desplazamiento máximo y mínimo.

Combinaciones	Desplazamiento (mm)					
	U1		U2		U3	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
D	0.11	-0.11	0.1	-0.1	0	-0.33
D+L	0.1	0.1	0.087	-0.087	0	-0.28
D+0.7E	0.805	-0.805	0.24	-0.24	0	-0.318
0.75D+0.75L+0.5E	0.575	-5.52	0.17	-0.176	0	-0.3
COMBO TOTAL	5.52	-2.22	1.74	-1.74	0	-3.03

Se deduce que el elemento no experimenta grandes desplazamientos garantizando la estabilidad de la estructura. Por tanto, no se presentan máximos desplazamiento que superen 0.00805 mm.

Tenemos: $(0.75 \times 3 \times 0.00805) / \text{altura de edificación (660 cm)}$
 < 0.0027443 ¡CUMPLE!

Mejora en el superadobe

En la investigación de Pimentel (2019), se obtuvo una resistencia a la compresión de 28.05 kg/cm^2 , superando la resistencia a la compresión del adobe tradicional en 45.94% y a la resistencia promedio del adobe en 9.57%. Este trabajo consolida esta investigación, ya que se han obtenido valores para el superadobe muestra 3 (20% cohesivo + 70% granular + 10% cemento tipo 1) de 4.06 Kg/cm^2 , y la resistencia del adobe tradicional según la norma E.0.80 es de 1.18 kg/cm^2 , obteniendo en el superadobe una mejora de 244% a comparación del adobe tradicional.

Comportamiento estructural

En lo que respecta a Alcántara (2019), el sustenta que el comportamiento estructural de las viviendas tipo domo diseñadas con geometría en arco ojival presenta las mayores deformaciones en la coronación y la mínima en las primeras hiladas para los diseños con un ancho de muro mayor o igual a 0.40 m. Esta tesis respalda nuestra investigación, dado que los resultados mediante el uso del SAP2000, del material de relleno del superadobe en la vivienda tipo domo con geometría de arco ojival, ha presentado valores de esfuerzo máximo de 3.67 kg/cm^2 y máximo desplazamiento de 0.0027443 mm . Con ello, se acredita que el superadobe no experimenta grandes desplazamientos, garantizando la estabilidad de la estructura.

Ladrillo tradicional y superadobe

En cuanto a Salazar (2016) analizó el comportamiento a la compresión entre el ladrillo tradicional y el Superadobe, llegando a la conclusión que el Superadobe presenta una mejor resistencia a la compresión que el ladrillo tradicional y afirma que el costo del superadobe está por debajo del costo del ladrillo tradicional. Realizo 3 tipos de dosificación y presento la muestra con la mejor resistencia bajo esta dosificación; 250 kg de tierra (67%) más 62,5 kg de cemento (17%) y 59,26 kg de agua (16%), obteniendo una resistencia de 0,2026 Mpa o 2.025 kg/cm². Esta investigación respalda el trabajo que hemos realizado en la presente investigación donde nosotros hemos realizado 6 muestras de material de relleno, la muestra 1 cohesivo 100%, muestra 2 granular 100% y las otras 4 muestras han sido dosificadas obteniendo en la muestra 3; 20% de cohesivo + 70% de granular + 10% de cemento portland tipo 1, obteniendo 4.06 kg/cm² en el ensayo de resistencia a la compresión utilizando sacos de polipropileno para el superadobe tal cual uso Salazar en su investigación.

Vivienda tipo domo

Según Barnett et al. (2015) ellos indican en su investigación, que la vivienda tipo domo puede ser construida en diferentes regiones del país, pero recomiendan analizar estructuralmente la edificación construida con superadobe y que se compare con la Norma E. 0.30 para verificar si cumple con el diseño sismorresis-

tente recomendado por estos tesisistas. Esta tesis nos dio la iniciativa de proponer la investigación del material de relleno a usarse en el superadobe y realizar el modelamiento estructural de la vivienda tipo-domo, en un diámetro máximo con la finalidad de poder conocer el cumplimiento de los controles de análisis estructural y comprobación con la norma E.0.30, obteniendo buenos resultados en los controles realizados al momento del modelamiento como el control de desplazamiento que no pasa de los 0.005 mm que nos indica la Norma E.0.30, y comparando el 2do control de esfuerzos máximos que son 3,67 kg/cm² entre el resultado del ensayo a la compresión inconfiada 4,06 kg/cm², en un periodo de 0,0030 seg., pudiendo concretar que el modelamiento realizado en comparación con la norma E.030 cumple los parámetros sismoresistente.

Según Callaghan Daigle (2008) en sus estudios demuestra que los sacos de superadobe relleno con material granular fallan por fricción entre bolsa y bolsa debido a las cargas gravitacionales. El realizo muestras en forma de probetas pequeñas rellenas de material granular (granito), que miden 0.46 mts x 0.77 mts y apilados en filas de 9 hiladas de alto, fueron las muestras más débiles analizadas en ese estudio. Los resultados obtenidos en ese ensayo dieron una resistencia por metro de longitud de muro de 12.23 Kg/cm², 1.42 Kg/cm². Las respuestas de cargas deformación para estas probetas fue de 0.007 Kg/cm². Las muestras de sacos rellenos de tierra (material cohesivo) eran más fuertes y rígidas que las muestras de material granular. El realizo probetas fabricados con bolsas del mismo tamaño y apilados en 9 hila-

das de altura. La resistencia a la compresión observada para estas muestras que miden 0.46 mts * 0.77 mts, oscilo entre 1.12 Kg/cm² a 13.25 Kg/cm² y la respuesta carga deformación para estas probetas oscilo entre 0.08 Kg/cm² y 0.153 Kg/cm². Estos estudios realizados por Daigle afirman y respaldan los estudios que hemos realizados a los dos tipos de material de relleno y dosificaciones que propusimos que son en total 6 muestras de material de relleno. Obteniendo en la muestra 3 los siguientes resultados del ensayo de compresión inconfiada 4.06 Kg/cm². Pudiendo observar como el superadobe relleno con material dosificado en 20% de cohesivo + 70% de granular + 10% de cemento tipo 1, ofrece un mejor comportamiento ante las cargas gravitacionales y frente a una acción sísmica.

Conclusiones

En cuanto al material granular presenta 10.1% de finos y 1.40% de humedad y es del tipo de suelo SW – SM, según la clasificación SUCS y A-1-b (0) según la clasificación AASHTO, por lo que utilizar este material en su condición natural, no ayudaría a tener un homogeneidad en sus partículas por falta de finos para su cohesión, es por eso que se determinó dosificar en diferentes porcentajes con la finalidad de poder crear una mezcla idónea que reúna las características físicas y mecánicas que se necesita.

En cuanto al material cohesivo presenta 32.2% de finos y 2.1% de humedad y es del tipo de suelo SM, según la clasificación SUCS y A-2-4 (0) según la clasificación AASHTO, cabe señalar que los ensayos con suelo cohesivo en su estado natural obtuvo

una resistencia de 2.92 kg/cm^2 por lo que se procedió a realizar 4 tipo de dosificaciones mejorando el resultado en comparación a los datos mencionados, podemos afirmar que la muestra tipo 3 nos permite obtener un resultado mayor de 4.06 kg/cm^2 , mejorando así el resultado obtenido del suelo cohesivo en su estado natural.

La resistencia máxima a la compresión del adobe tradicional es 1.10 Kg/cm^2 , mientras que del Superadobe con material dosificado (20% de cohesivo + 70% de granular + 10 de cemento portland tipo1) presenta una resistencia promedio de 4.06 Kg/cm^2 ; por su parte el Superadobe con material dosificado presentó el 244% con respecto al adobe tradicional según la NTP. E.080.

En lo que respecta a la norma de diseño sismorresistente E030 para el caso del material predominante del superadobe, al ser evaluado dentro de los parámetros sismorresistente (control de esfuerzo, control de desplazamiento) cumple con la presente norma. Se puede indicar que la estructura analizada presenta un buen comportamiento frente a un sismo severo.

Recomendaciones

Según los resultados de laboratorio y la observación en el proceso se recomienda realizar una dosificación donde el material con mayor porcentaje sea el granular, añadiendo un 20% de material cohesivo y un 10% de cemento portland tipo 1, dado que esto ayudara en la atracción intermolecular del material, por la

capacidad de atracción que presenta el material cohesivo y el cemento.

De acuerdo con los resultados del EMS se recomienda utilizar siempre un cementante que podría ser cal o cemento según el material predominante en la zona o Región, para obtener un material de relleno dosificado que cumpla con los parámetros sismorresistente que indica la norma E.0.30.

Luego de los resultados obtenidos en el modelamiento en el software SAP 2000 que al proyectar una vivienda tipo-domo los resultados de desplazamiento estén por debajo del coeficiente de albañilería que indica la tabla 11 del art. 5.2 de la NTP E.0.30, para así cumplir los parámetros sismorresistentes.

El estudio de esta alternativa de materiales para la construcción de viviendas económicas y ecológicas tipo domo nos impulsa a recomendar el uso de ensayos en la mesa vibratoria, con la finalidad de obtener un análisis profundo del comportamiento sismorresistente de la vivienda según la región donde se proyecte y este cumpla con lo recomendado por la NTP E.030.

- Alcantara, A.J. (2019). *Diseño y comportamiento estructural de una casa modelo Eco-domo* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/11537/14741>
- Barnet, Y., & Jabrane, F. (2018). Eco-domo, un hábitat para reducir la vulnerabilidad frente al friaje en el Perú. *Revista Campus*, 20(20).
- CalEarth California Institute of Earth Architecture. (s.f.). *CalEarth*. <https://www.calearth.org>
- Callaghan, B. (2008). *Vivienda con bolsa de tierra: comportamiento estructural y aplicabilidad en países en desarrollo*. Kingston.
- Canadell Ruiz, S. (2014). *Estudio estructural de domos realizados con la técnica de falsa cúpula y Superadobe* [Tesis pregrado, Universitat Politècnica de Catalunya] <http://hdl.handle.net/2099.1/23904>
- Canadell, S., Blanco, A., & Cavalaro, S. H. (2016). Comprehensive design method for earthbag and superadobe structures. *Materials & Design*, 96, 270-282.
- Ciudad Martín, M. (2011). *Manual de superadobe*. CalEarth
- Daigle, B. (2008). *Earthbag housing: structural behaviour and applicability in developing countries* [Master Thesis, Queen's University].
- Das, B. M. (2001). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica*. Cengage Learning
- Díez Rodríguez, P. (2013). La construcción del restaurante "Las Cúpulas" en San Cebrián de Campos (Palencia). En F. Jové Sandoval, & J.L. Sáinz Guerra. (Coord.). *Construcción con tierra, Pasado, Presente y Futuro—Congreso de Arquitectura de Tierra en Cuenca de Campos 2012*. (pp. 239-246). Universidad de Valladolid, Cátedra Juan de Villanueva
- Geiger, O., & Zemskova, K. (2015). Earthbag Technology—Simple, Safe and Sustainable. *Nepal Engineers' Association Technical Journal*, XLI-II(1), 78-90.

- Gorgas García, F.J., Cardiel López, N., Zamorano Calvo, J. (2009). *Estadística básica para estudiantes de ciencias*. Universidad Complutense de Madrid.
- Hunter, K., Kiffmeyer, D. (2004). *Earthbag Building: The Tools, Tricks and Techniques*. New Society Publishers.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2011). Evaluación del impacto socioeconómico y ambiental del sismo ocurrido el 15 de agosto de 2007: Datos 2008. *Cuaderno Técnico*, 1.
- Khalili, N. (1997). *Corriendo solo*. Cal-Earth Press.
- Khalili, N. (2009). *Refugio de emergencia con sacos de arena: cómo construir el tuyo propio*. Cal-Earth Press.
- León Cornejo, M.I. (2019). *Diseño de un domo de adobe sismorresistente con propiedades fotocatalizadoras en la encañada – Cajamarca* [Tesis pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego – UPAO]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/5646>
- Liu, S. H., Wang, Y. Q., Gao, J. R., & Jin, Y. Z. (2011). Cyclic Simple Shear Tests on Base Isolation Using Soilbags. *Advanced Materials Research*, 243–249, 893–896. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.243-249.893>
- López Cruz, A.A., y Guido Sotomayor, Y.J. (2016). *Diseño de dos prototipos de viviendas ecológica autoconstruible a partir del sistema constructivo de sacos de tierra (superadobe) ubicado en la comarca las salinas del Municipio de Tola, departamento de Rivas* [Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. Repositorio Institucional <http://repositorio.unan.edu.ni/2833/1/21701.pdf>
- López-Gómez, M.A. (2016). *Aplicaciones de una “ecuación de sonido geométrica” para domos superadobe*. Universidad Pontífica De Barcelona.

- López Gómez, M.A., González García, M., y Llauradó Pérez, N. (2019). Construcción de una estructura Superadobe = Construction of a Superadobe structure. *Anales de Edificación*, 5(1), 13-26. <https://doi.org/10.20868/ade.2019.3911>.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018). *Modifican la norma técnica e.030 diseño sismorresistente del reglamento nacional de edificaciones*. <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1720685-1>
- Palacios Carvajal, M.J., Castillo Campoverde, T.O., & Donoso León, C.E. (2018). Resistencia a la compresion del super adobe usando fibras de cabuya u polipropileno como contenedor. *Revista: Caribeña de Ciencias Sociales*.
- Palacios, J., & Miranda Salazar, M.A., (2016). *Elaboración de una dosificación para fabricación de superadobe, con ensacados de yute, cabuya y análisis comparativo de resistencia a compresión con mampuesto de ladrillo del cantón Chambo, provincia de Chimborazo* [Tesis pregrado, Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3193>
- Pelly, R. (2010). *Plastic Limit Analysis of Earthbag Structures* [Dissertation, The University of Bath].
- Reyes-Naranjo, D. F. & Cornejo-Merchán, Y. A. (2014). *Estado del arte de la construcción con material reciclable* [Trabajo de Grado, Universidad Católica de Colombia]. <http://hdl.handle.net/10983/2025>
- Ross, B., Willis, M., Datin, P., & Scott, R. (2013). Wind Load Test of Earthbag Wall. *Buildings*, 3(3), 532–544. <http://dx.doi.org/10.3390/buildings3030532>
- Santos, D. M., & Beirão, J. N. D. C. (2016). Data collection and constructive classification of superadobe buildings. *Ciência e Sustentabilidade*, 2(2), 208-226.

- San Bartolomé, A., Quiun, D., y Zegarra, L. (2004). *Técnicas para el reforzamiento sísmico de viviendas de adobe*. XIV Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Guanajuato-León, México, Noviembre de 2003. <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/617/2007/04/Reforzamiento-Adobe---Guanajuato.pdf>
- Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO (2020). Norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada. Reglamento Nacional de Edificaciones. <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>
- Sheweka, S. (2011). Using mud bricks as a temporary solution for Gaza reconstruction. *Energy Procedia*, 6, 236-240.
- Tantono, S. F. (2008). *The mechanical behavior of a soilbag under vertical compression*. Verlag der Techn.
- Vermiglio, P. F. (2019). *Comparación de la resistencia a compresión uniaxial en unidades de adobe tradicional, adobe compactado y superadobe, Cajamarca 2017* [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio de la Universidad Privada del Norte. <https://hdl.handle.net/11537/14789>



Religación
Press
Ideas desde el Sur Global



RELIGACIÓN
CICSHAL

Centro de Investigaciones en Ciencias Sociales y Humanidades
desde América Latina



Religación
Press

ISBN: 978-9942-642-20-2



9 789942 642202