



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“ELABORACIÓN DE BLOQUE DE ADOBE ESTABILIZADO PARA LA
CONSTRUCCION DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN LA COMUNIDAD DE SANTA
TERESA, MUNICIPIO DE SOMOTO, DEPARTAMENTO DE MADRIZ DEL AÑO 2020”.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Brandon Lenin Valdivia Cruz

Br. Erick José Casco Fajardo

Tutor

Ing. Dwane Roberto Amador Rocha

Managua marzo 2021

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO

Queremos dedicar este proyecto investigativo en primer lugar a Dios, por guiarnos en el camino, fortalecernos espiritualmente para no decaer e inspirarnos para resolver cualquier situación que se nos presentara.

Así también, queremos mostrar gratitud a todas aquellas personas que estuvieron presentes en la realización de este proyecto, agradecer todas sus ayudas, sus palabras motivadoras, sus conocimientos y sus consejos.

Mostramos los más sinceros agradecimientos a nuestro tutor, el Ing. Dwane Roberto Amador Rocha, quien, con su conocimiento, su guía y dedicación fue pieza clave para que lográramos desarrollar nuestro máximo potencial en cada etapa del trabajo.

De manera especial agradecemos al Ing. Johnny Antonio Robles Díaz, por su asistencia técnica, asesoría y motivación en el desarrollo de este trabajo hasta su culminación de igual manera a la Ing. Matilde Belén Avilés Medal por todo el apoyo brindado durante este proceso.

Por último, queremos agradecer a la base de todo, a nuestras familias, en especial a nuestros padres, que quienes con sus consejos fueron el motor de arranque y constante estimulación, muchas gracias por su paciencia y comprensión, y sobre todo por su amor.

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Antecedentes	2
1.2.	Área de localización de estudio.....	4
1.3.	Macro y micro localización	4
1.4.	Justificación.....	5
1.5.	Objetivos	6
1.5.1.	Objetivo general:.....	6
1.3.2.	Objetivos específicos:	6
2	MARCO TEÓRICO.....	7
3	DISEÑO METODOLÓGICO	26
3.2	Tipo de estudio.....	26
3.3	Universo y muestra	26
3.3.1	Universo.....	26
3.3.2	Muestra.....	26
4	ANÁLISIS DE RESULTADO	27
4.2	Granulometría de la muestra A	27
4.3	Limite líquido y limite plástico	28
4.4	Índice plástico	29
4.5	Prueba de Proctor estándar	30
4.6	Proceso de determinación de dosificación de mortero para bloque de adobe estabilizado	34
4.9	Elaboración del bloque de adobe.....	51
4.9.1	Procedimiento de elaboración del adobe	52
4.10	Resultados de análisis de resistencia a la compresión de los bloques de adobe estabilizado	52
4.10.1.	Resultados comparativos de resistencia a la compresión de los bloques de adobe estabilizado con respecto al bloque tradicional.	53
5	CONCLUSIONES.....	55
6	RECOMENDACIONES	56
	Bibliografía	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. TABLA GRANULOMETRICA.....	27
Tabla 2. Limite líquido	28
Tabla 3. Limite plástico	28
Tabla 4. Porciento de cemento recomendado según clasificación HRB.....	31
Tabla 5. Resumen de resultados para prueba de Proctor estándar.....	33
Tabla 6. Resultados de ensayo prueba 1 muestra 1.....	35
Tabla 7. Resultados de ensayo prueba 1 muestra 2.....	36
Tabla 8. Resultados de ensayo prueba 1 muestra 3.....	37
Tabla 9. Resultados de ensayo prueba 1 muestra 4.....	39
Tabla 10. Resultados de ensayo prueba 2 muestra 1.....	41
Tabla 11. Resultados de ensayo prueba 2 muestra 2.....	42
Tabla 12. Resultados de ensayo prueba 2 muestra 3.....	43
Tabla 13. Resultados de ensayo prueba 3 muestra 1.....	45
Tabla 14. Resultados de ensayo prueba 3 muestra 2.....	46
Tabla 15. Resultados de ensayo prueba 3 muestra 3.....	47
Tabla 16. Resultados de ensayo prueba 3 muestra 4.....	48
Tabla 17. Resultados de ensayo prueba 3 muestra 5.....	49
Tabla 18. Resultados de ensayo prueba 3 muestra 6.....	50
Tabla 19. Resumen de resultados a compresión de adobe estabilizado al 12% de cemento, 8% de cal y 30% de arena	52
Tabla 20. Resumen comparativo de resultados a compresión simple, de adobe estabilizado y adobe tradicional a la edad de 28 días.....	53

1 INTRODUCCIÓN

La falta de técnicas constructivas y el deterioro que ocasiona el agua en las construcciones de adobe en zonas rurales, constituye el motivo principal de esta investigación.

Las industrias o fábricas de materiales de construcción para mampostería en Nicaragua son diversas pero la mayoría de ellas solo se enfocan en elaboración de materiales como los bloques, piedra cantera y ladrillo cuarterón. Estos materiales presentan una buena calidad, pero tienen un costo no factible para personas de bajos recursos económicos especialmente en áreas rurales, esto conlleva a que muchas personas vivan en un ambiente no adecuado en sus viviendas por no tener los recursos necesarios ni la asesoría adecuada para construir un hogar digno. Es por esta razón que éste estudio está enfocado en analizar el adobe estabilizado, como un material de construcción en viviendas de tipo social. Para esto se determinará la calidad, resistencia y los métodos de elaboración; de tal manera que las personas lo puedan elaborar en el sitio y si es posible con material de su propio terreno.

En el presente estudio se describe el proceso de elaboración del bloque de adobe estabilizado, a partir de los análisis de los bancos de materiales seleccionados, para determinar las características principales del suelo que se utiliza para la elaboración de adobe, siguiendo con la selección de materiales para la estabilización, las proporciones dependerán de las características granulométricas de los materiales a través del criterio prueba y error aplicando una estabilización física, mecánica y química hasta obtener el mejor resultado y de esta manera obtener un bloque más resistente que el tradicional a los que posteriormente se ensayaran a compresión simple con el fin de analizar si aporta mayor resistencia. Otro punto a tomar en cuenta es la gran importancia de su utilización, desde el punto de vista arquitectónico, estructural y económico.

1.1. Antecedentes

La tierra como material de construcción es uno de los recursos que muchas familias en Nicaragua utilizan para edificar sus viviendas. La mayoría de estas son viviendas unifamiliares de un nivel.

Del total de viviendas construidas en la región norte de Nicaragua, actualmente el 73% son de adobe, sobre todo en Nueva Segovia, Estelí, Madriz y parte de Jinotega, departamentos donde se concentra la mayor parte de viviendas construidas con este material según estudios realizadas por Hábitat para la Humanidad Nicaragua (HPHN). Este tipo de construcciones son más usadas en su mayoría en zonas rurales; destacándose por ser versátil, fácil manejo y poder construir los bloques a partir de un banco material cerca del sitio.

Las ciudades como León, Granada, Ocotal predominan construcciones a partir de este material esto con el fin de conservar su cultura étnica precolombina y en su mayoría de casos por el coste que representa la construcción de este sistema que es relativamente más económico que cualquier sistema actual basados en concreto y armado de acero.

A pesar de contar con sistemas más resistente ante desastres naturales, Nicaragua aún presenta un alto déficit en las construcciones generales, puesto que muchas son inadecuadas, una de las causas de este problema es que no se da seguimiento a los procesos estipulados en el Reglamento Nacional y la cartilla de construcción, colocando a las construcciones y por ende a la población en una situación de riesgo ante los desastres naturales. En Nicaragua existen estudios que corroboran la vulnerabilidad sísmica presente y constante a lo largo del territorio nacional en especial la región del pacifico, lo que señala la poca inversión en mejorar las condiciones en las que se construye.

Es por esto que se busca métodos constructivos que den una respuesta económica y segura; siendo el bloque de adobe estabilizado una alternativa viable para mejorar la seguridad y calidad de viviendas en el área rural siendo más resistente que el bloque tradicional.

Una idea generalizada de este sistema fue desarrollada por los laboratorios de Perú e investigaciones realizadas por la Pontificia Universidad Católica de Perú, país que tiene tiempo en el desarrollo de estudios para mejorar el refuerzo para este tipo de estructuras dado que en su territorio es muy común observarlas; los cuales poseen una reglamentación nacional tal como la NORMA TECNICA DE EDIFICACION E.080 ADOBE de Perú, donde se hace referencia a la resistencia estructural del adobe; por esto nos apoyamos en la fiabilidad de las bases de sus estudios ya que en Nicaragua a pesar de ser un sistema que se ha utilizado desde siempre no contamos con una cartilla o norma técnica para el estudio y trabajo del adobe, y es lo que nos recuerda el desastre en Managua en el año 1972; uno de los terremotos más destructivo en Nicaragua y sabemos que aún existe vulnerabilidad por lo que se demostró recientemente en los sismos del 13 de abril de 2014.

A nivel de estudio anteriormente se han realizado varios artículos acerca de la prueba y análisis de la resistencia de este método de construcción mediante refuerzo de muros o alteración de la estructura física base de este material, añadiendo aditivos que aligeran el peso y ganan resistencia y solides , en el año 2017 y años anteriores en la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), se realizaron estudios acerca de los mejores bancos de suelos para la elaboración de este material tomando como referencia Ocotol, donde se analizaron las propiedades del banco seleccionado.

1.2. Área de localización de estudio

Departamento de Madrid, Nicaragua, 216 kilómetros al norte de la ciudad capital de Managua, ciudad de Somoto, Comunidad Santa Teresa ubicada al sur de la ciudad de Somoto a 3.4 km.

1.3. Macro y micro localización municipio de Somoto, Madriz comunidad Santa Teresa.

Ilustración 1. Macro y micro localización municipio de Somoto, Madriz comunidad Santa Teresa



Fuente: Google earth

En la comunidad de Santa Teresa, se observó el uso de bloques de adobe en la mayoría de las viviendas, teniendo este material un importante impacto en el sistema constructivo de la zona, lo que resultó beneficioso para realizar este estudio. Dicha Localidad no cuenta con normativas de construcción, asesoría técnica, equipo especializado o información sobre las características explícitas del bloque de adobe por lo que se realizaron análisis de los bloques locales en el que se detectó carencias en cuanto a seguridad, resistencia y estética.

1.4. Justificación

En el presente estudio se pretende demostrar la importancia y aprovechamiento del adobe estabilizado, en nuestro país como un recurso que podemos adquirir de nuestro entorno y que contribuye a una mejor calidad de vida, seguridad y una forma ecológica de contribuir al deterioro del medio ambiente.

Este estudio se enfoca en la elaboración de adobe estabilizado donde la materia prima esencial son los elementos presentes en la tierra tales como la arena, arcillas, piedra pómez agregando cemento, cal y agua para hacer un barro moldeable. Con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad, que contribuirá en la implementación de este bloque para la construcción de viviendas unifamiliares de tipo social, y que brindaran mejores condiciones de vida para las personas que habitan actualmente viviendas en mal estado, condiciones precarias y de alto riesgo a raíz de la deficiencia en la estructura y de igual manera este estudio aportara para futuros proyectos con este tipo de sistema constructivo. Este elemento deberá cumplir con normas y requerimientos los cuales nos apoyaremos de la Norma técnica de edificación E.080 Adobe de Perú y el reglamento Nacional de la Construcción; que a la hora de construir da más seguridad a las viviendas siempre y cuando se tomen todas la normas y técnicas. Se define todo el procedimiento, estudios y pruebas realizadas, así también la identificación del material apto para fabricar adobe, en el desarrollo del trabajo se describe paso a paso todo lo realizado hasta dar por culminado el objetivo. Elaboración de bloque de adobe estabilizado de buena calidad y resistencia para la construcción de viviendas mínimas en la región norte de Nicaragua.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general:

- Innovar un bloque a base de adobe estabilizado para el uso en la construcción de vivienda unifamiliares en la comunidad de Santa Teresa, municipio de Somoto, departamento de Madriz.

1.3.2. Objetivos específicos:

- Realizar estudio de suelo al banco de material seleccionado para muestra.
- Dosificar la muestra para la elaboración de los bloques de adobe estabilizado.
- Elaborar bloque de adobe estabilizado.
- Comparar la resistencia a la compresión simple del bloque de adobe estabilizado versus el bloque de adobe tradicional.

2 MARCO TEÓRICO

1.6. Definiciones

En la investigación se abarcará el contenido de adobes estabilizado, utilizando de referencia la manufacturación del bloque de adobe comercial utilizado en la en la construcción, en la zona norte de Nicaragua, mejorando sus características físicas y química, explotando así su desempeño para una construcción más segura y estable.

1.6.1. Adobe

Se define el adobe como un bloque macizo de tierra sin cocer, el cual puede contener paja u otro material que mejore su estabilidad frente a agentes externos. Cuando al adobe se incorporan otros materiales (asfalto, cemento, cal, etc.) con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad, se le denomina Adobe Estabilizado (Dirección Nacional de Construcción Perú, 2010, pág. 6).

1.6.2. Arena

La arena es un conjunto de partículas de rocas disgregadas, cuyo material está compuesto de partículas sólidas de piedra que varían de tamaños entre 0,075 y 4.75 milímetros (mm). Una partícula individual dentro de este rango es llamada «agregado fino o grano de arena». Una roca consolidada y compuesta por estas partículas se denomina arenisca. Las partículas por debajo de los 0,075 mm y hasta 0,004 mm se denominan limo, y por arriba de la medida del agregado fino o grano de arena y hasta los 76.2 mm se denominan grava o agregado grueso (Gran Diccionario , 2017).

1.6.3. Cal

Óxido de calcio alcalino y de color blanco, obtenido a partir de la calcinación de la piedra Caliza, se usa mezclándola con agua y pigmentos para preparar pinturas o bien mezclándola con arena para preparar morteros (ARQHYS, 2012).

1.6.4. Tipos de agregados

El agregado fino, se define como aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas. El agregado grueso, es aquel material inerte y árido cuyos granos son retenidos el 100% por la malla o tamiz # 4. También se le conoce como cascajo o piedra, el más usual es la grava. Los agregados conforman el esqueleto granular del adobe y son el elemento mayoritario ya que representan el control de resistencia y peso del adobe, por lo que son responsables de gran parte de las características del mismo. Los agregados son generalmente inertes y estables en sus dimensiones. Cada elemento tiene su rol dentro de la masa del adobe y su proporción en la mezcla es clave para lograr las propiedades deseadas, esto es: trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2000).

1.6.4.1. Mampostería

Obra hecha con mampuestos colocados y ajustados unos con otros sin sujeción a determinado orden de hiladas o tamaños.

1.6.4.2. Mortero

Material de unión de los adobes. Puede ser barro con paja o con arena, o barro con otros componentes como asfalto, cemento, cal, yeso, bosta, etc.. (Dirección Nacional de Construcción Perú, 2010, pág. 6).

a). Mortero tipo 1

Mortero de suelo y algún aglomerante como cemento, cal o asfalto. Deberá utilizarse la cantidad de agua que permita una adecuada trabajabilidad. Las proporciones dependen de las características granulométricas de los agregados y de las características específicas de otros componentes que puedan emplearse (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2000).

El proceso de construcción o edificación de la vivienda realizada directamente por sus propios usuarios, en forma individual, familiar o colectiva. Por autoconstrucción se entienden, en sentido estricto, las formas de edificación que se realizan mediante la inversión directa de trabajo por los propios usuarios de la vivienda, pueden implicar el apoyo de parientes o amigos; en general se caracteriza por el empleo de fuerza de trabajo no remunerada.

Bajo estas condiciones sólo es posible aplicar un nivel técnico elemental, por lo regular de índole artesanal. En el medio rural, y en particular en el indígena, donde no se paga renta de suelo, y se dispone de materiales locales que sólo es necesario habilitar, es donde esta forma de construcción se define con mayor nitidez. Sin embargo, se da también en el medio urbano, sobre todo en la edificación de viviendas provisionales, aunque ya dentro de condicionantes económicas más estrictas que reducen el control del usuario sobre los insumos (Dirección General de Equipamiento Urbano y Vivienda de Perú, 2006).

1.6.5. Unidad o Bloque de Adobe

1.6.5.1. Requisitos Generales

La gradación del suelo debe aproximarse a los siguientes porcentajes: arcilla 10-20 %, limo 15-25% y arena 55-70%, no debiéndose utilizar suelos orgánicos. Estos rangos pueden variar cuando se fabriquen adobes estabilizados. El adobe debe

ser macizo y sólo se permite que tenga perforaciones perpendiculares a su cara de asiento, cara mayor, que no representen más de 12% del área bruta de esta cara. El adobe deberá estar libre de materias extrañas, grietas, rajaduras u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2000, pág. 4).

2.1.5.2 Formas y Dimensiones

Los adobes podrán ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros con ángulos diferentes de 90°, de formas especiales. Sus dimensiones deberán ajustarse para que el largo sea aproximadamente el doble del ancho. La relación entre el largo y la altura debe ser del orden de 4 a 1. En lo posible la altura debe ser mayor a 8 cm (Dirección General de Equipamiento Urbano y Vivienda de Perú, 2006, pág. 4).

2.1.5.3 Recomendaciones para su Elaboración

- Remojar el suelo y retirar las piedras mayores de 5 mm y otros elementos extraños.
- Mantener el suelo en reposo húmedo durante 24 horas.
- Secar los adobes preferiblemente bajo sombra
- Curado de los elementos fabricados
- Cambiar posición de los elementos fabricados o colocarlos de en ángulos de 90 grados para tener la mayor eficiencia para una mejor ventilación para su secado. (Dirección Nacional de Construcción Perú, 2010)

2.1.6 Nomenclatura para clasificación de suelos

2.1.6.1 Clasificación por la AASHTO

Es ampliamente utilizado para clasificar el suelo para la construcción de carreteras, autopistas y aeródromos (pistas de aterrizaje, calles de rodaje) especialmente para material de subrasante. Los requisitos previos del sistema de clasificación de suelos AASHTO son:

1. Análisis mecánico
2. Límite líquido
3. Índice de plasticidad

a). Tamaño de grano

1. Grava: fracción que pasa el tamiz de 75 mm y se retiene en el tamiz N° 10 (2 mm) de EE. UU.
2. Arena: Fracción que pasa el tamiz # 10 y retiene el tamiz # 200.
3. Limo y Arcilla: Fracción que pasa el tamiz # 200.

b). Plasticidad

1. El término limoso se aplica cuando las fracciones finas tienen un $PI < 10$.
2. Se aplica el término arcilloso cuando las fracciones finas tienen $PI > 11$.

c). Grupos

Los suelos se clasifican en ocho grupos, A-1 a A-8. Los grupos principales A-1, A-2 y a-3 representan los suelos de grano grueso y los A-4, A-5, A-6 y A-7 representa suelos de grano fino. A-8 se identifican mediante inspección visual.

d). Índice de grupo (GI)

Para la evaluación cualitativa de un suelo determinado, también se ha desarrollado un número denominado Índice de grupo.

$$IG = (F_{200} - 35) [0,2 + 0,005 (LL - 40)] + 0,01 (F_{200} - 15) (PI - 10)$$

Dónde:

- F o F 200 es el % de edad que pasa # 200 tamices expresados como número entero (también llamado fracción fina).
- LL es el límite líquido del suelo.
- PI es el índice de plasticidad del suelo.

Cuanto mayor sea el valor de IG, más débil será el suelo y viceversa. Por lo tanto, la calidad del rendimiento de un suelo como material de subrasante es inversamente proporcional al IG. Un suelo con un IG de cero se considera el mejor. Si la ecuación da un valor negativo para GI, considérela cero. Siempre redondee el GI al número entero más cercano.

IG = 0 para suelos de los grupos A-1-a, A-1-b, A-2-4, A-2-5 y A-3. Para los grupos A-2-6 y A-2-7, use IG parcial solo para PI.

e). Descripción de grupos y subgrupos.

- Grupo A-1. El material típico de este grupo es una mezcla bien graduada de fragmentos de piedra o gravas, arena gruesa, arena fina y un aglutinante de suelo no plástico o de plástico ligero. Este grupo también incluye fragmentos de piedra, gravas, arena gruesa, cenizas volcánicas, etc., sin un aglutinante bien clasificado de material fino. El subgrupo A-1-a incluye aquellos materiales que consisten predominantemente en fragmentos de piedra o grava, con o sin un aglomerante bien clasificado de material fino. El subgrupo A-1-b incluye aquellos materiales que consisten

predominantemente en arena gruesa con o sin un aglomerante de suelo bien graduado.

- Grupo A-3. El material típico de este grupo es arena fina de playa o arena fina soplada en el desierto sin finos limosos o arcillosos o con una pequeña cantidad de limo no plástico. Este grupo incluye también mezclas depositadas por la corriente de arena fina mal graduada y cantidades limitadas de arena gruesa y grava.
- Grupo A-2. Este grupo incluye una amplia variedad de materiales “granulares”, que están en el límite entre los materiales que caen en los grupos A-1 y A-3 y los materiales de arcilla limosa del grupo A-4 a A-7. Incluye cualquier material que no supere el 35% del cual pase un tamiz # 200 y que no pueda clasificarse como A-1 o A-3 debido a que tenga un contenido de finos o plasticidad, o ambos, que excedan las limitaciones para esos grupos.
- Grupo A-4. El material típico de este grupo es un suelo limoso no plástico o moderadamente plástico, el 75% o más del cual generalmente pasa el tamiz # 200. El grupo también incluye una mezcla de tierra fina y limosa y hasta 64% de arena y grava retenida en el tamiz # 200.
- Grupo A-5. El material típico de este grupo es similar al descrito en el Grupo A-4, pero puede ser muy elástico, como lo indica el límite alto de líquido.
- Grupo A-6. El material típico de este grupo es un suelo de arcilla plástica del 75% o más del cual generalmente pasa el tamiz # 200. El grupo también incluye mezclas de suelo arcilloso fino y hasta 64% de arena y grava retenidas en el tamiz # 200. Los materiales de este grupo generalmente tienen un cambio de volumen alto entre los estados húmedo y seco.
- Grupo A-7. El material típico de este grupo es similar al descrito en el Grupo A-6, pero tiene las características de los límites de líquidos altos del grupo A-5 y puede ser elástico y estar sujeto a grandes cambios de volumen. El subgrupo A-7-5 incluye aquellos materiales que tienen índices de plasticidad moderados en relación con el límite de líquido y que pueden ser altamente elásticos y estar sujetos a cambios considerables de volumen.

El subgrupo A-7-6 incluye aquellos materiales que tienen altos índices de plasticidad en relación con el límite de líquido y que están sujetos a cambios de volumen extremadamente altos.

- Grupo A-8. El material típico de este grupo es el suelo de turba y lodo que normalmente se encuentra en áreas obviamente inestables y pantanosas.

Caracterizado por:

- Baja densidad
- Alta compresibilidad
- Alto contenido de agua
- Alto contenido de materia orgánica.

2.1.6.2 Clasificación por la SUCS

El sistema unificado de clasificación de suelos es adoptado por ASTM D-2487-98 e IS: 1498-1970 para la clasificación e identificación de suelos para fines de ingeniería general. Los suelos se clasifican en términos generales en tres divisiones:

- Suelos de grano grueso: en estos suelos, el 50% o más del material total en peso es mayor que el tamaño del tamiz IS de 75 micrones.
- Suelos de grano fino: en estos suelos, el 50% o más del material total en peso es menor que el tamaño del tamiz IS de 75 micras.

- Suelos altamente orgánicos y otros materiales diversos del suelo:

Estos suelos contienen un gran porcentaje de materia orgánica fibrosa, como la turba, y las partículas de vegetación descompuesta. Además, ciertos suelos que contienen conchas, cenizas y otros materiales que no son del suelo en cantidades suficientes también se agrupan en esta división.

a). Suelos de grano grueso

Los suelos de grano grueso se dividen en dos subdivisiones:

a) Gravetas (G): en estos suelos, más del 50% de la fracción gruesa (+75 micras) es mayor que el tamaño del tamiz de 4.75mm. Esta subdivisión incluye gravetas y suelo de grava, y se designa con el símbolo G.

b) Arenas (S): en estos suelos, más del 50% de la fracción gruesa es menor que el tamiz IS de 4.75 mm. Esta subdivisión incluye arenas y suelos arenosos.

Cada una de las subdivisiones anteriores se divide en cuatro grupos según la clasificación y la inclusión de otros materiales.

W: bien calificado.

C: carpeta de arcilla.

P: mal calificado.

M: Contiene materiales finos no cubiertos en otros grupos.

Estos símbolos se usan en combinación para designar el tipo de suelos granulados. Por ejemplo, GC significa gravetas arcillosas.

b). Suelos de grano fino

Los suelos de grano fino se dividen en tres subdivisiones:

1. Lodos inorgánicos y arenas muy finas: M.
2. Arcillas inorgánicas: C.
3. Limos y arcillas orgánicas y materia orgánica: O.

Los suelos de grano fino se dividen en los siguientes grupos sobre la base de los siguientes valores de límite de líquido seleccionados arbitrariamente, que es un buen índice de compresibilidad:

1. Limos y arcillas de baja compresibilidad: Deben tener un límite de líquido inferior a 35 y representado por el símbolo L.
2. Lodos y arcillas de compresibilidad media: Deben tener un límite de líquido mayor que 35 y menor que 50 y representado por el símbolo I.
3. Limos y arcillas de alta compresibilidad: Tener un límite de líquido superior a 50 y representado por un símbolo H.
4. La combinación de estos símbolos indica el tipo de suelo de grano fino. Por ejemplo, ML significa limo inorgánico con compresibilidad baja a media. (BOOKCIVIL, 2019)

2.1.7 Proceso de experimentación o control de calidad en laboratorios

2.1.7.1 Limite liquido

Para la prueba del límite líquido se coloca una pasta en la copa. Se corta una ranura en el centro de la pasta de suelo, usando la herramienta de corte estándar. Luego, con la leva operada por la manivela, se levanta la copa y se deja caer desde una altura de 10mm. El contenido de agua, en porcentaje requerido para cerrar una distancia de 12.7 mm a lo largo del fondo de la ranura a los 25 golpes se define como el límite líquido. El procedimiento para la prueba del límite líquido está dado en la Prueba D-4318 de la ASTM.

2.1.7.2.1 Equipos utilizados

- Tara
- Horno
- Balanza digital
- Bolsa plástica
- Suelo
- Charola de lámina galvanizada

2.1.8 Determinación de los límites de consistencia líquido y plástico.

2.1.8.2 Equipos

- Aparato de Arturo Casagrande, incluyendo la solera plana y el ranurador trapezoidal.
- Tamiz No. 30
- Balanza con sensibilidad de 0.01g
- Horno con temperatura constante de 100 a 110°C.
- Tara con sus tapas.

2.1.8.3 Procedimiento

Solo ensayos de consistencia se hacen solamente con la fracción de suelo que pasa por el tamiz No.40.

- Se pone a secar parcialmente el suelo, al sol, por un periodo de 6 horas o en el horno por 2 horas.
- Después de secada la muestra del suelo, se criba a través del tamiz No.40 desechándose el que queda retenido.
- Antes de utilizar la copa de Casagrande, debe ser ajustada calibrada, para que la copa tenga una altura de caída de 1cm exactamente.
- Del material que pasó el tamiz N40. Se toman aproximadamente unos 100 gramos se colocan en una capsula de porcelana y con una capsula se hacen una mezcla pastosa, homogénea y la consistencia suave agregándole una pequeña cantidad de agua durante el mezclado.
- Pero de esta mezcla se coloca con la espátula en una copa de Casagrande formando una torta alisado de un espesor de 1cm, en la parte de máxima profundidad. Una altura menor aumenta el valor del límite líquido.

- El suelo colocado en la copa de Casagrande se divide en la parte media en dos porciones utilizando para ello un ranurador, de manera que permanezca perpendicular a la superficie inferior a la capa.
- Después de asegurarse de que la copa y la base están limpias y secas, se da vuelta a la manija del aparato de Casagrande, uniformemente a razón de 2 golpes por segundo, contando el número de golpes requeridos hasta que se cierre el fondo de la ranura en una distancia de 1 cm. si la ranura se cierra antes de los 10 golpes, se saca el material se vuelve a mezclar y se repiten los pasos 4,5 y 6.
- Después que el suelo sea unido en la parte inferior de la ranura, se toman aproximadamente unos 10 gramos del suelo; se anota su peso húmedo, el número de golpes obtenidos y se determina el peso seco.
- Repita los pasos 2, 4, 5,6 y 7; con el propósito de obtener puntos menores de 25 golpes y mayores de 25 golpes.
- Determine el porcentaje de humedad correspondiente a cada número de golpes y se construye la curva de fluidez en papel semilogarítmico.
- El límite líquido se define cuando el contenido de agua en la curva de fluidez corresponde a 25 golpes. `

2.1.9 Determinación del límite plástico

El límite plástico se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. El límite plástico es el límite inferior de la etapa plástica del suelo. La prueba es simple y se lleva a cabo enrollando repetidamente a mano sobre una placa de vidrio una masa de suelo de forma elipsoidal. El índice de plasticidad (PI) es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo, o $PI = LL - PL$. El procedimiento para la prueba del límite plástico se da en la prueba D-4318 de la ASTM.

2.1.9.1 Equipos

- Vidrio esmerilado o papel absorbente.
- Taras.
- Balanza con sensibilidad de 0.01g
- Horno con temperatura constante de 100 a 110°C.

2.1.9.2 Procedimiento

- Se toma aproximadamente la mitad de la muestra que se usó en límite líquido, procurando que tenga una humedad uniforme cerca a la humedad óptima, amáselo con la mano ruédelo sobre una superficie limpia y lisa, como una hoja de papel o un vidrio hasta formar un cilindro de 3mm, de diámetro de 15 a 20cm de largo.
- Se amasa la tira y se vuelve a rodar, repitiendo la operación tantas veces como se necesite para reducir, gradualmente la humedad por evaporación hasta que el cilindro se empiece a endurecer.
- El límite plástico se alcanza cuando el cilindro se agrieta al ser reducido a 3mm de diámetro.
- Inmediatamente se divide en proporciones y se ponen los pedazos en dos taras.
- Se pesan en la balanza de 0.01g y se registra su peso.
- Se introduce la muestra en el horno por un periodo de aproximadamente 24 horas y se determina su peso seco.
- Con los datos anteriores se calcula el contenido de agua en porcentaje. Si la diferencia de los dos % no es mayor que 2% se promedian y en caso contrario se repite el ensaye.
- El promedio es el valor en porcentaje del límite plástico.

2.1.9.3 Cálculo de humedad

Fórmula para calcular el porcentaje de humedad:

$$\%H = \frac{MH - MS}{MS} * 100$$

Donde:

%H= porcentaje de humedad

MH= masa humedad del material

MS= masa seca del material

Cálculo de %H para muestra alterada y muestra in-situ:

$$MH = (MH + tara) - tara$$

$$Ms = (Ms + tara) - tara$$

MH= masa humedad del material

MS= masa seca del material

Para el cálculo de la masa seca o masa corregida se aplicó la siguiente formula:

$$B = \frac{A}{1 + \left(\frac{G}{100}\right)}$$

B = Masa inicial seca o masa corregida con % de humedad encontrado para granulometría.

A = Masa inicial húmeda

G= % de humedad

Entonces:

$$D = B - C$$

Donde:

D = Masa de pérdidas por lavado

B = Masa corregida

C = Masa de muestra lavada y seca del total de la sumatoria de la granulometría

Luego calculamos

$$F = D + E$$

Donde:

F = Sumatoria del material fino lavado + el fino retenido en el tamiz que se utiliza de fondo.

E = fino retenido en el tamiz que se utiliza como fondo.

D = masa de pérdidas por lavado.

2.1.9.4 Cálculo de índice plástico

Fórmula: Índice de plasticidad

$$LL - LP = IP$$

Donde

IP = Índice de plasticidad

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico

2.2 Prueba de compactación de suelos Proctor estándar.

En la Prueba Proctor, el suelo es compactado en un molde que tiene un volumen de 943.3cm³. El diámetro del molde es de 101.6mm. Durante la prueba de laboratorio, el molde se une a una placa de base en el fondo y a una extensión en la parte superior. El suelo se mezcla con cantidades variables de agua y luego se compacta en tres capas iguales por medio de un pisón que transmite 25 golpes a cada capa. El pisón pesa 24.4 N Y tiene una altura de caída de 304.8mm. El procedimiento para la Prueba Proctor Estándar se da en la prueba D-698 de la ASTM y en la prueba T-99 de la AASHTO.

2.2.1 Equipos

- Juego de tamices para granulometría.
- Se toman 2 humedades del material cribado por la malla $\frac{3}{4}$ y la #4.
- Un molde de compactación, constituido por un cilindro metálico de 4" de diámetro interior, con una altura de 4 $\frac{1}{2}$ y una extensión de 2 $\frac{1}{2}$ "de altura y de 4" de diámetro interior.
- Una regla metálica con aristas cortante de 25 cm de largo
- Una balanza de 3kg de capacidad y 0.01g de sensibilidad
- Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100 a 110°C.
- Probetas graduadas de 1000ml
- Tara para determinar la humedad.

2.2.2 Procedimiento

- Se obtiene por cuarteo una muestra representativa, previamente secada al sol y que según el método a usarse pueda ser de 3,7, 5 y 12kg. Utilizando el tamiz $\frac{3}{4}$ y el # 4. Del material cribado por estos, se dividen en dos el material retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ es grueso y el que retiene el # 4 es el material fino. De ambas

muestras finas y gruesas se toma una cantidad representativa y son sometidas al horno para determinar su humedad.

- De la muestra ya preparada se esparce agua en cantidad tal que la humedad resulte un poco menor del 10% y si el material es arenoso es conveniente ponerle una humedad menor.
- Se revuelve completamente el material tratando que el agua agregada se distribuya uniformemente.
- La muestra preparada se coloca en el molde cilíndrico en 3 capas, llenándose en cada capa aproximadamente 1/3 de su altura y se compacta cada capa de la forma siguiente: se coloca el cilindro en el equipo, se ajustan los tornillos que lo sujetan luego en la pantalla del equipo se digita la cantidad de golpes que se le dará y la altura de caída. El aparato se encargará de dar los golpes y distribuirlos.
- Al terminar la compactación de las tres capas, se quita la extensión y con la regla metálica se enraza la muestra al nivel superior del cilindro.
- Se limpia exteriormente el cilindro y se saca todo el material compactado, luego se pesa obteniéndose de esa manera el peso del material. De esto se toma aproximadamente 100 gramos de la parte central del núcleo) se deposita en una tara y se pesa.
- Deposite el material en el horno a una temperatura de 100 a 110°C por un periodo de 24 horas, transcurrido este periodo determínese el peso seco del material.
- El material secado del cilindro se desmenuza y se le agrega agua hasta obtener un contenido de humedad de 4 al 8% mayor al anterior.
- Repita los pasos del 2 al 7 hasta obtener un numero de resultados que permitan trazar una curva cuya cúspide corresponderá a la máxima densidad para una humedad óptima.

Fórmula para calcular el volumen del molde

$$V = \pi * r^2 * A$$

Donde:

V= Volumen

D= Diámetro

A= Altura

Fórmula para calcular el % de humedad $\%H = (Mh - Ms / Ms) * 100$

Donde

$\%H$ = porcentaje de humedad

PH= Peso húmedo del material

PS= Peso seco del material

Donde:

PS = Peso Seco

$\%H$ = porcentaje de humedad

Determinando la cantidad de agua en el material se aplica la siguiente fórmula:

$PH - PS = Ww$

Donde:

Ww = peso del agua

2.3 Comportamiento sísmico de las construcciones de adobe

Las fallas de las estructuras de adobe no reforzadas, debidas a sismos, son frágiles. Usualmente la poca resistencia a la tracción de la albañilería produce la falla del amarre de los muros en las esquinas, empezando por la parte superior; esto a su vez aísla los muros unos a otros y conduce a una pérdida de estabilidad lateral, produciendo el desplome del mismo fuera de su plano. Si se controla la falla de las esquinas, entonces el muro podrá soportar fuerzas sísmicas horizontales en su plano las que pueden producir el segundo tipo de falla que es por fuerza cortante. En este caso aparecen las típicas grietas inclinadas de tracción diagonal (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2000, pág. 5)

2.3.1 Protección de Construcciones de Adobe

La humedad y la erosión producidas en los muros, son las principales causantes del deterioro de las construcciones de tierra, siendo necesaria su protección a través de:

- Recubrimientos resistentes a la humedad.
- Cimientos y sobre cimientos que eviten el contacto del muro con el suelo.
- Veredas perimetrales.
- Aleros.
- Sistemas de drenaje adecuados (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2000)

3 DISEÑO METODOLÓGICO

3.2 Tipo de estudio

El presente estudio es un tipo de investigación tipo descriptiva y experimental. Dado que la formulación del documento, en base a la determinación de datos es experimental, en los que se refleja el resultado más óptimo, a partir del estudio (prueba y error).

3.3 Universo y muestra

3.3.1 Universo

El universo está conformado por 3 bancos de materiales o puntos de referencia donde se pretende realizar el estudio, para las pruebas de resistencia y calidad del suelo en la elaboración del bloque de adobe estabilizado en la comunidad Santa Teresa del municipio de Somoto, departamento de Madriz.

3.3.2 Muestra

La muestra quedo determinada en uno de los bancos de material llamado banco A, que represente la mejor calidad del suelo en los primeros ensayos de granulometría; los otros dos bancos no presentaron ciertas características que buscamos para su trabajabilidad como material de adobe por lo cual quedaron descartados, utilizando el banco A en los siguientes ensayos.

4 Análisis de Resultado

4.2 Granulometría de la muestra A

Tabla 1. TABLA GRANULOMETRICA (Masa de muestra suelo seco = 820 gramos)

Tamiz No.	Diámetro (mm)	PRP (gr)	%RP	% RA	% que pasa
4	4.750	19.40	2.37	2.37	97.63
10	2.000	80.30	9.79	12.16	87.84
20	0.850	132.10	16.11	28.27	71.73
30	0.600	93.00	11.34	39.61	60.39
40	0.425	89.95	10.97	50.58	49.42
50	0.300	86.35	10.53	61.11	38.89
100	0.150	77.14	9.41	70.52	29.48
200	0.075	20.36	2.48	73.00	27.00
FONDO		221.40	27.00	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del porcentaje de humedad de la muestra A

Datos

Peso inicial húmeda (gr) = 1000

Peso inicial seca (gr) = 820

Peso húmedo (gr) = 1000

Peso seco (gr) = 820

$$\%H = \frac{1000 - 820}{820} * 100 = 21.95$$

4.3 Limite líquido y limite plástico

Tabla 2. Limite líquido

LIMITE LIQUIDO			
Nombre de tara	A	B	C
Peso de tara	11.5	11.5	12
Peso tara + suelo húmedo (gr)	22.5	26	24
Peso tara + suelo seco (gr)	19.5	22	20
Peso del agua	3	4	4
Peso suelo seco	8	10.5	8
% Humedad	15.38	18.18	20
Nro. de golpes	32	27	19
Promedio % humedad			

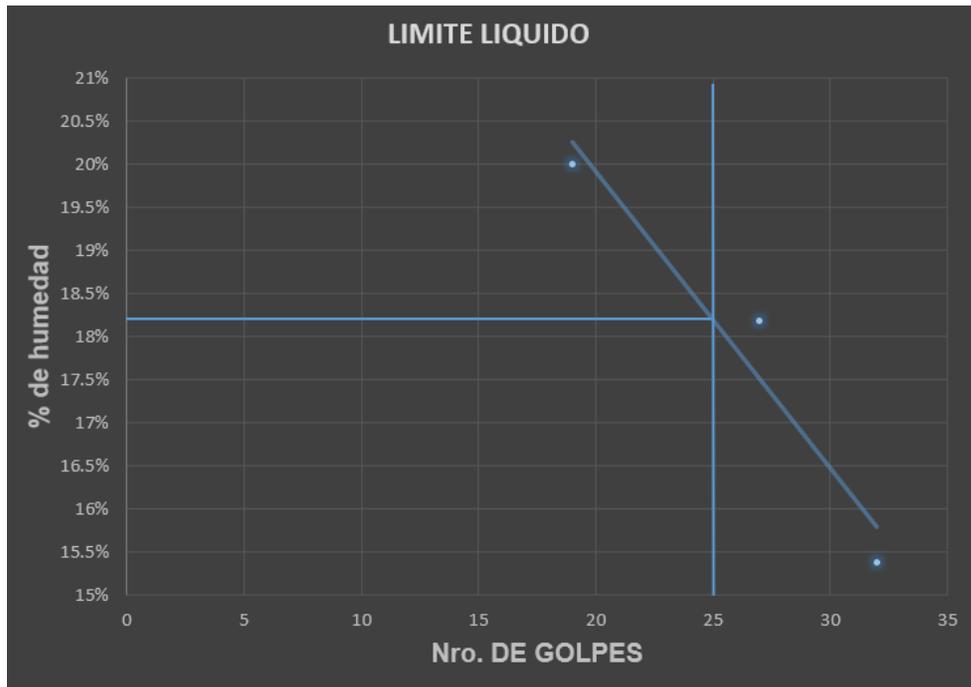
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Limite plástico

LIMITE PLÁSTICO		
Nombre de tara	A1	A2
Peso de tara	11.5	11.5
Peso tara + suelo húmedo (gr)	22	19.5
Peso tara + suelo seco (gr)	20	17.5
Peso del agua	2	2
Peso suelo seco	8.5	6
% Humedad	10	11.43
Nro. de golpes		
Promedio % humedad	10.71	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1. Limite liquido



Fuente: Elaboración propia.

4.4 Índice plástico

El índice plástico es tomado para determinar la consistencia de carga del suelo, su composición física y la trabajabilidad que se le debe aplicar si este es de plasticidad baja o alta.

Entonces:

$$IP = 18.24 - 10.71 = 7.53$$

Y así se pudo determinar que es un suelo A-2-4; porque es con la única columna que cumple las condiciones para su respectiva clasificación.

De igual manera se analizó por el método SUCS, donde el resultado obtenido es un suelo de tipo SP, que se identifica como un suelo arenoso con arcilla inorgánica que es lo que muestra la nomenclatura de clasificación de suelos.

4.5 Prueba de Proctor estándar

4.5.1 Porcentaje de humedad

Determinación de humedad para el material que se va a utilizar en el ensayo

Datos:

Peso de la tara = 71.06gr

Peso Seco = 178.35gr

Peso Húmedo = 200gr

Donde:

Peso Húmedo = 200 gr

Peso Seco = 178.35 gr

Entonces:

$$\%H = (200 - 178.35 / 178.35) * 100 = 12.14\%$$

Una vez determinada las humedades se procede a realizar el Proctor estándar, este procedimiento consiste en determinar la cantidad de agua que contiene el material a ensayar; ya que para el ensaye Proctor es necesario que el material este seco.

Se toman los parámetros del peso total del ensayo para calcular después de colocar en el horno y obtener la muestra seca, para obtener su porcentaje de humedad.

Peso seco para el ensayo = 3400gr

% de humedad = 12.14

4.5.2 Cantidad de cemento

Determinamos la cantidad de cemento para esta prueba de acuerdo a la proporcionalidad del peso del material partiendo de un 8% tomando en cuenta las recomendaciones de la norma HBR (Highway research board) para mezcla suelo cemento que comprende los rangos entre 5% y 12% de cemento para una clasificación de suelo tipo A-2, que se puede observar en la tabla 4.

Tabla 4. Por ciento de cemento recomendado según clasificación HRB

Tipo de suelo HBR	Rangos promedios de cemento		Contenido de cemento
	% Por Volumen	% Por Peso	Recomendado en % de Peso
A-I-a	5-7	3-5	5
A-I-b	7-9	5-8	6
A-2	7-10	5-12	8
A-3	8-12	7-12	9
A-4	8-12	7-12	10
A-5	8-12	8-13	12
A-6	10-14	9-15	12
A-7	10-14	10-16	13

Fuente: Tomado de Toirac Corral, José. El suelo-cemento como material de construcción. Ciencia y Sociedad, vol. XXXIII, núm. 4, octubre-diciembre, Instituto Tecnológico de Santo Domingo, República Dominicana.

Entonces:

Cantidad de cemento = $3400 \text{ gr} * 8 \% = 272 \text{ gr}$

4.5.3 Cantidad de cal

De la misma forma, de acuerdo a la proporcionalidad del peso del material se utilizó un 2 % para la cantidad de cal para este ensayo.

Entonces:

Cantidad de cal = $3400 \text{ gr} * 2 \% = 68 \text{ gr}$

4.5.5 Prueba Proctor estándar punto 1

Datos:

Peso del molde = 4.71kg

Volumen del molde = 0.9436 m^3

Peso Húmedo + molde = 6.26Kg

Peso Húmedo – molde = 1.55Kg

Datos para determinar la humedad del material después de la compactación de Proctor estándar.

Tara No. 1

Peso de la tara = 71.06gr

Peso húmedo + tara = 219.06gr

Peso húmedo – tara = 148gr

Muestra después de secada en el horno

Peso seco + tara = 198.16gr

Peso seco – tara = 127.1gr

Una vez determinada la masa húmeda y la masa seca del material después de ser compactado se procede a determinar el %H.

Entonces:

$$\%H = ((148-127.1) / 127.1) * 100 = 16.44\%$$

$$\text{Densidad húmeda en } kg/m^3 = (1.550kg/0.9436) * 1000 = 1642.56$$

$$\text{Densidad seca en } kg/m^3 = ((\text{Densidad húmeda}) / (1+(\%H/100))) * (1000)$$

$$\text{Densidad seca en } kg/m^3 = (1642.56kg/m^3 / (1+(16.44/100))) = 1410.65$$

Tabla 5. Resumen de resultados para prueba de Proctor estándar.

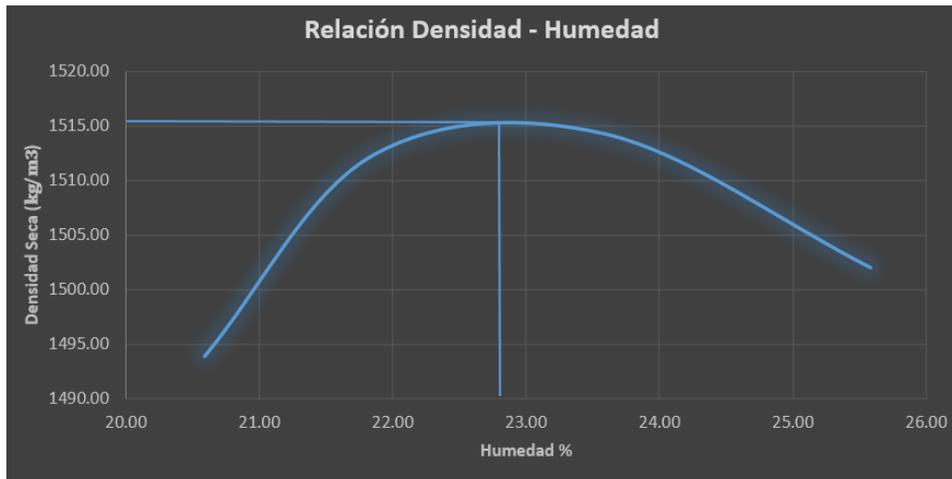
COMPACTACIÓN DE LA MUESTRA

Puntos	1	2	3	4	5	6
Peso del material +molde (kg)	6.26	6.29	6.37	6.41	6.45	6.47
Peso del molde (kg)	4.71	4.71	4.71	4.71	4.71	4.71
Peso del material en el molde	1.55	1.59	1.66	1.70	1.74	1.77
Densidad Húmeda (kg/m ³)	1642.56	1681.77	1760.19	1801.52	1842.84	1871.46
Densidad Seca (kg/m ³)	1410.60	1418.23	1476.26	1493.89	1512.31	1514.23

CONTENIDO DE AGUA DE LA MUESTRA COMPACTADA

Tara No.	1	2	3	4	5	6
Peso Tara + Material Húmedo (gr)	219.06	271.31	262.31	269	274	265
Peso Tara + Material Seco (gr)	198.16	239.93	231.46	235.2	237.6	227.98
Peso de Agua (gr)	20.9	31.38	30.85	33.8	36.4	37.02
Peso Material Seco	127.1	168.87	160.4	164.14	166.54	156.92
Contenido de Humedad (%)	16.44	18.58	19.23	20.59	21.86	23.59

Gráfico 2. Relación Densidad - Humedad



Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 5 se reflejan todos los resultados de Proctor estándar, se puede observar que el material obtuvo un porcentaje de humedad óptima de 22.8%. Alcanzando una densidad seca máxima de 1516 kg/m^3 . Con este resultado se procedió a elaborar los ensayos de compresión no confinada con diferentes dosificaciones para determinar la más apropiada y que cumpla con las características de resistencia que buscamos.

4.6 Proceso de determinación de dosificación de mortero para bloque de adobe estabilizado

Se elaboraron diferentes dosificaciones para hacer ensayos a compresión no confinada, analizando los aportes de resistencia que brinde cada combinación con la finalidad de obtener un valor de resistencia más alto que el que ofrece el bloque de adobe tradicional.

En la primera etapa de este proceso experimental se elaboró un ensayo a compresión no confinada con la mezcla suelo-cemento a una proporción de 8% de cemento por cantidad de material donde se analizaron 3 muestras, y una prueba con la mezcla suelo-cal a una proporción de 8% de cal por cantidad de

material, esto con el objetivo de ver las reacciones por separado de los agregados en el suelo antes de hacer la mezcla híbrida.

4.6.1 Prueba número 1

4.6.1.2. Muestra 1

Espécimen adobe con dosificación al 8% cemento.

Densidad seca Máxima (Kg/m³): 1516

Porcentaje de humedad óptima: 22.8%

Porcentaje de humedad natural: 8.5%

Volumen del molde: 0.00094m³

$$Wm_{seco} = \gamma d_{max} * 0.00094m^3 * 3 * 1.15 = 4.916kg$$

$$Ww = 4916 * 0.248 = 1220ml$$

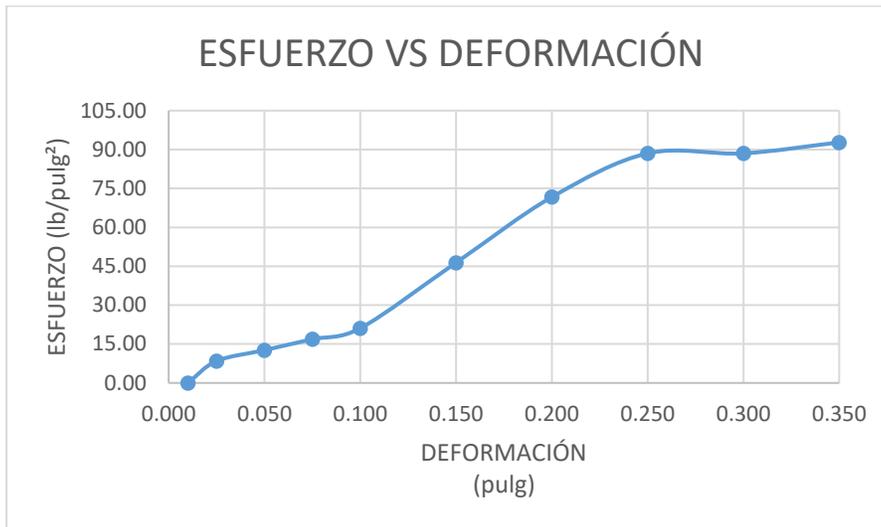
$$W_{cemento} = Wm_{seco} * 0.08 = 0.3933kg$$

Tabla 6. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 1 muestra 1

Deformación	Lectura	Esfuerzo		
		Carga lb	lb/pulg ²	Kg/cm ²
0.010	0	0.00	0.00	0.00
0.025	2	105.90	8.43	0.59
0.050	3	158.85	12.65	0.89
0.075	4	211.80	16.86	1.19
0.100	5	264.75	21.08	1.48
0.150	11	582.45	46.37	3.26
0.200	17	900.15	71.67	5.04
0.250	21	1111.95	88.53	6.23
0.300	21	1111.95	88.53	6.23
0.350	22	1164.90	92.75	6.52
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

4.6.1.3. Muestra 2

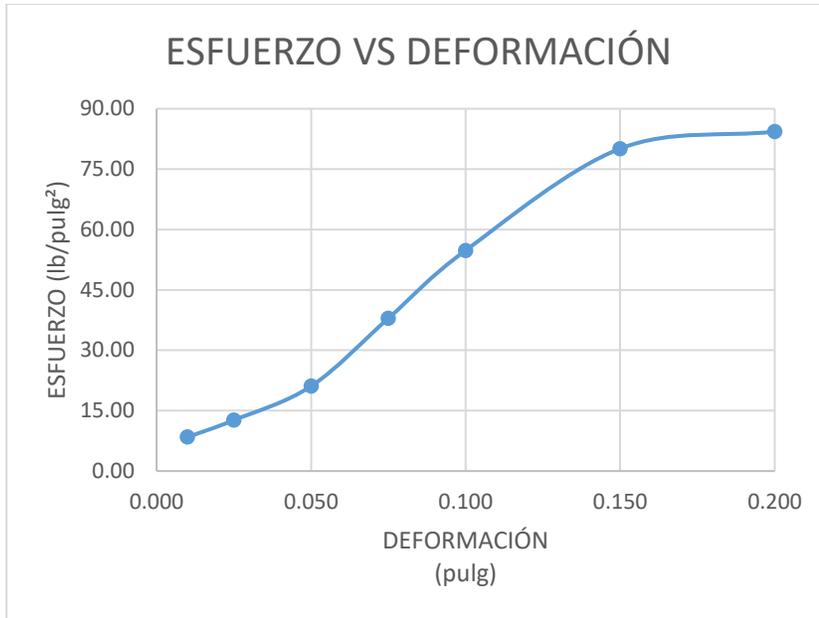
Espécimen adobe con dosificación al 8% cemento.

Tabla 7. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 1 muestra 2

Deformación Pulg	Lectura	Esfuerzo		
		Carga lb	lb/pulg²	Kg/cm²
0.010	2	105.90	8.43	0.59
0.025	3	158.85	12.65	0.89
0.050	5	264.75	21.08	1.48
0.075	9	476.55	37.94	2.67
0.100	13	688.35	54.80	3.85
0.150	19	1006.05	80.10	5.63
0.200	20	1059.00	84.32	5.93
0.250	20	1059.00	84.32	5.93
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 4. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

4.6.1.4. Muestra 3

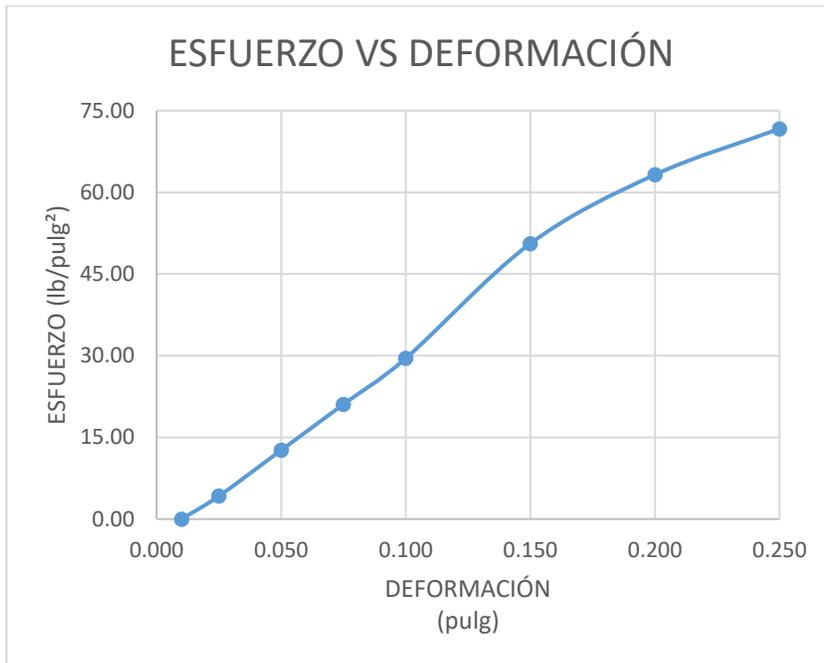
Espécimen adobe con dosificación al 8% cemento.

Tabla 8. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 1 muestra 3

Deformación Pulg	Lectura	Esfuerzo		
		Carga lb	lb/pulg²	Kg/cm²
0.010	0	0.00	0.00	0.00
0.025	1	52.95	4.22	0.30
0.050	3	158.85	12.65	0.89
0.075	5	264.75	21.08	1.48
0.100	7	370.65	29.51	2.08
0.150	12	635.40	50.59	3.56
0.200	15	794.25	63.24	4.45
0.250	17	900.15	71.67	5.04
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 5. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

4.6.1.5 Muestra 4

Especímenes adobe a 8% cal.

Densidad seca Máxima (Kg/m³): 1516

Porcentaje de humedad óptima: 22.8%

Porcentaje de humedad natural: 8.5%

Volumen del molde: 0.00094m³

$$Wm_{seco} = \gamma d_{max} * 0.00094m^3 * 3 * 1.15 = 4.916kg$$

$$Ww = 4916 * 0.248 = 1220ml$$

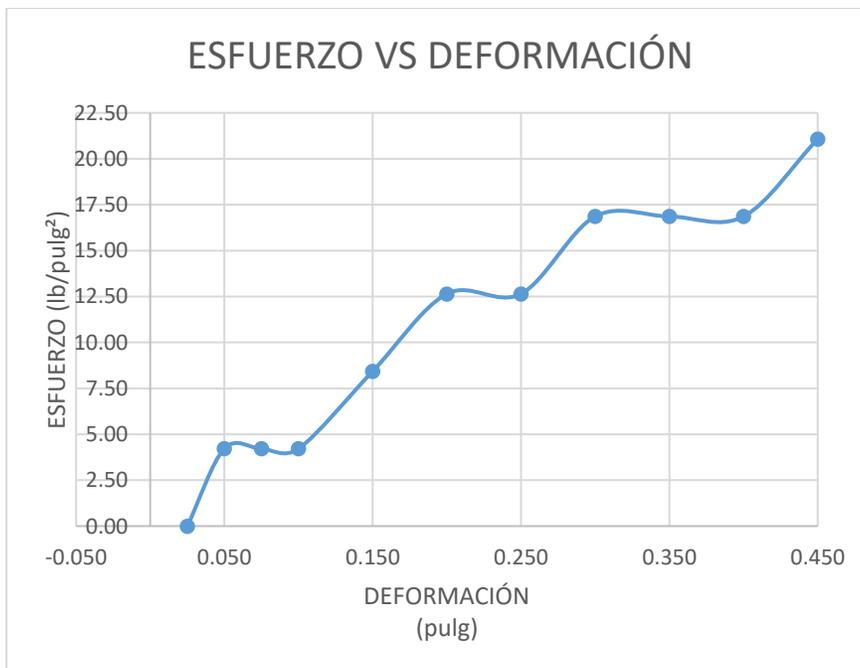
$$Wcal = Wm_{seco} * 0.08 = 0.3933kg$$

Tabla 9. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 1 muestra 4

Deformación	Lectura		Esfuerzo	
	Pulg	Carga lb	lb/pulg ²	Kg/cm ²
0.010	0	0.00	0.00	0.00
0.025	0	0.00	0.00	0.00
0.050	1	52.95	4.22	0.30
0.075	1	52.95	4.22	0.30
0.100	1	52.95	4.22	0.30
0.150	2	105.90	8.43	0.59
0.200	3	158.85	12.65	0.89
0.300	4	211.80	16.86	1.19
0.350	4	211.80	16.86	1.19
0.400	4	211.80	16.86	1.19
0.450	5	264.75	21.08	1.48
0.500	5	264.75	21.08	1.48
0.550	5	264.75	21.08	1.48
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 6. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido estos resultados procedimos a realizar la segunda etapa que consiste en hacer una prueba híbrida con una dosificación de 8% de cemento y 8% de cal por cantidad de material con la finalidad de encontrar una resistencia a la compresión simple mayor a los 12kg/cm².

4.7.1. Prueba número 2

4.7.1.2 Muestra 1

Espécimen adobe híbrido con dosificación al 8% de cemento y 8% de cal.

Densidad seca Máxima (Kg/m³): 1516

Porcentaje de humedad óptima: 22.8%

Porcentaje de humedad natural: 8.5%

Volumen del molde: 0.00094m³

$$Wm_{seco} = \gamma d_{max} * 0.00094m^3 * 3 * 1.15 = 4.916kg$$

$$Ww = 4916 * 0.248 = 1220ml$$

Especímenes adobe a 8% cemento

$$Wm_{seco} = \gamma d_{max} * 0.00094m^3 * 3 * 1.15 = 4.916kg$$

$$W_{cemento} = Wm_{seco} * 0.08 = 0.3933kg$$

Especímenes adobe a 8% cal

$$Wm_{seco} = \gamma d_{max} * 0.00094m^3 * 3 * 1.15 = 4.916kg$$

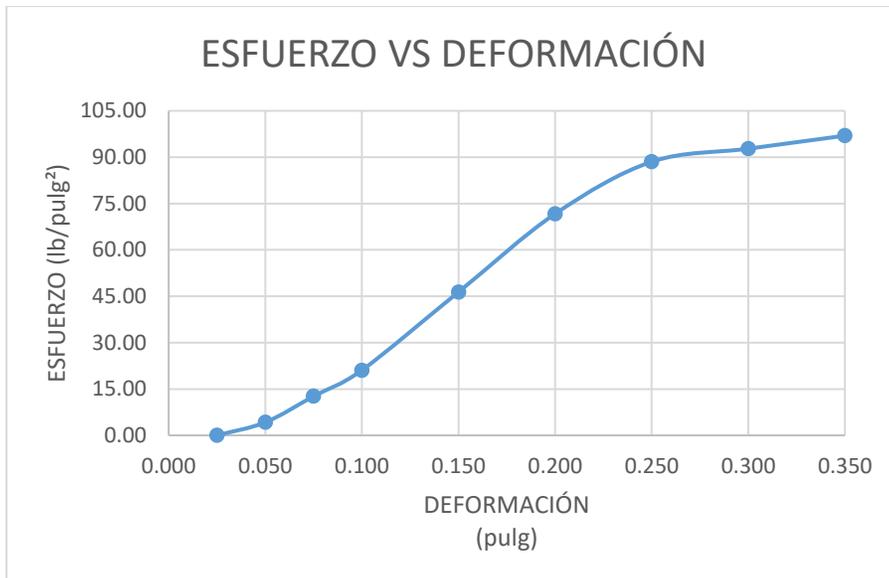
$$W_{cal} = Wm_{seco} * 0.08 = 0.3933kg$$

Tabla 10. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 2 muestra 1

Deformación	Lectura	Esfuerzo		
		Pulg	Carga lb	lb/pulg ²
0.010	0	0.00	0.00	0.00
0.025	0	0.00	0.00	0.00
0.050	1	52.95	4.22	0.30
0.075	3	158.85	12.65	0.89
0.100	5	264.75	21.08	1.48
0.150	11	582.45	46.37	3.26
0.200	17	900.15	71.67	5.04
0.250	21	1111.95	88.53	6.23
0.300	22	1164.90	92.75	6.52
0.350	23	1217.85	96.96	6.82
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 7. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

4.7.1.3 Muestra 2

Espécimen adobe híbrido con dosificación al 8% de cemento y 8% de cal.

Tabla 11. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 2 muestra 2

Deformación Pulg	Lectura	Esfuerzo		
		Carga lb	lb/pulg ²	Kg/cm ²
0.010	0	0.00	0.00	0.00
0.025	1	52.95	4.22	0.30
0.050	2	105.90	8.43	0.59
0.075	5	264.75	21.08	1.48
0.100	8	423.60	33.73	2.37
0.150	15	794.25	63.24	4.45
0.200	21	1111.95	88.53	6.23
0.250	22	1164.90	92.75	6.52
0.300	23	1217.85	96.96	6.82
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 8. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

4.7.1.4 Muestra 3

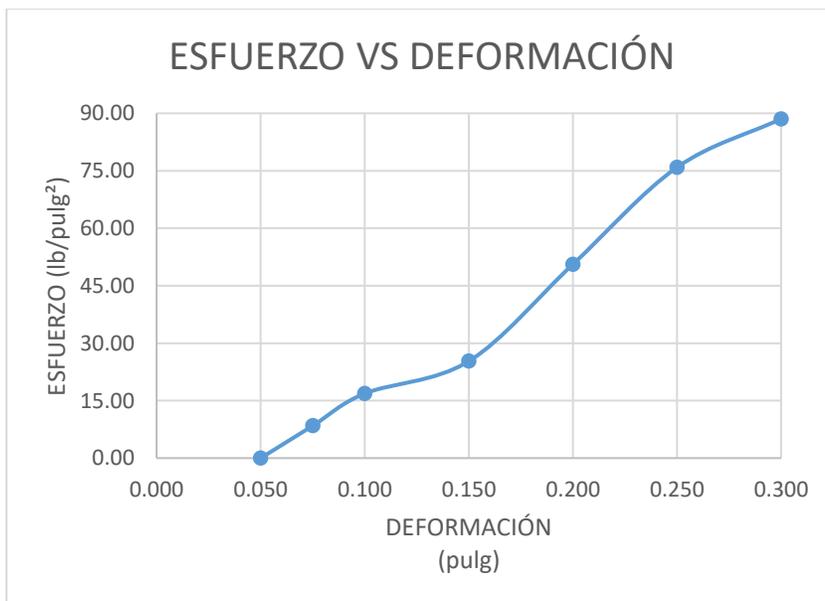
Espécimen adobe híbrido con dosificación al 8% de cemento y 8% de cal.

Tabla 12. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 2 muestra 3

Deformación	Lectura		Esfuerzo	
	Pulg	Carga lb	lb/pulg ²	Kg/cm ²
0.010	0	0.00	0.00	0.00
0.025	0	0.00	0.00	0.00
0.050	0	0.00	0.00	0.00
0.075	2	105.90	8.43	0.59
0.100	4	211.80	16.86	1.19
0.150	6	317.70	25.29	1.78
0.200	12	635.40	50.59	3.56
0.250	18	953.10	75.88	5.34
0.300	21	1111.95	88.53	6.23
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 9. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

Los resultados de las pruebas anteriores no cumplieron el objetivo de llegar a una resistencia mínima de 12 kg/cm² que emplea la normativa técnica de edificación E.080 adobe de Perú para fabricación o elaboración de adobe estabilizado, obteniendo un valor máximo de 6.82 kg/cm², esto nos lleva a la tercera etapa de este proceso experimental en la cual analizaremos ensayos a compresión no confinada agregando un 20% y 30% de arena en la mezcla con respecto al peso del material y aumentando la cantidad de cemento de un 8% a un 12% y siempre manteniendo el 8% de cal, esto con la finalidad de aumentar el margen de resistencia a compresión simple con respecto a las pruebas anteriores.

4.8.1 Prueba número 3

4.8.1.2 Muestra 1

Espécimen adobe híbrido al 12% de cemento, 8% de cal y 20% de arena.

Densidad seca Máxima (Kg/m³): 1516

Porcentaje de humedad óptima: 22.8%

Porcentaje de humedad natural: 8.5%

Volumen del molde: 0.00094m³

$$Wm_{seco} = \gamma d_{max} * 0.00094m^3 * 3 * 1.15 = 4.916kg$$

$$Ww = 4916 * 0.248 = 1220ml$$

$$Cemento = Wm_{seco} * 0.12 = 0.590kg$$

$$Cal = Wm_{seco} * 0.08 = 0.394kg$$

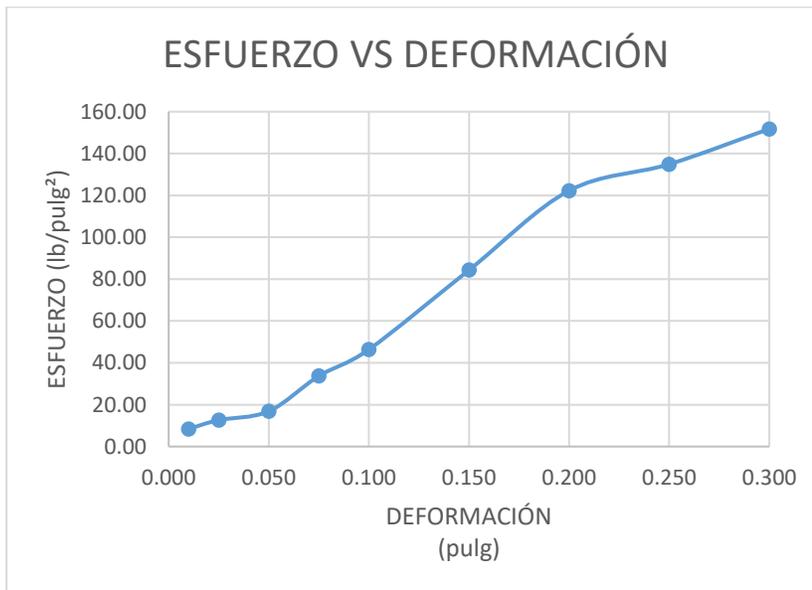
$$Arena = Wm_{seco} * 0.20 = 0.980kg$$

Tabla 13. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 3 muestra 1

Deformación	Lectura	Esfuerzo		
		Carga lb	lb/pulg ²	Kg/cm ²
0.010	2	105.90	8.43	0.59
0.025	3	158.85	12.65	0.89
0.050	4	211.80	16.86	1.19
0.075	8	423.60	33.73	2.37
0.100	11	582.45	46.37	3.26
0.150	20	1059.00	84.32	5.93
0.200	29	1535.55	122.26	8.60
0.250	32	1694.40	134.90	9.49
0.300	36	1906.20	151.77	10.67
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 10. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

4.8.1.3 Muestra 2

Espécimen adobe híbrido al 12% de cemento, 8% de cal y 20% de arena.

Tabla 14. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 3 muestra 2

Deformación Pulg	Lectura	Esfuerzo		
		Carga lb	lb/pulg ²	Kg/cm ²
0.010	0	0.00	0.00	0.00
0.025	1	52.95	4.22	0.30
0.050	3	158.85	12.65	0.89
0.075	5	264.75	21.08	1.48
0.100	8	423.60	33.73	2.37
0.150	16	847.20	67.45	4.74
0.200	26	1376.70	109.61	7.71
0.250	23	1217.85	96.96	6.82
0.300	25	1323.75	105.39	7.41
0.350	38	2012.10	160.20	11.27
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

4.8.1.4 Muestra 3

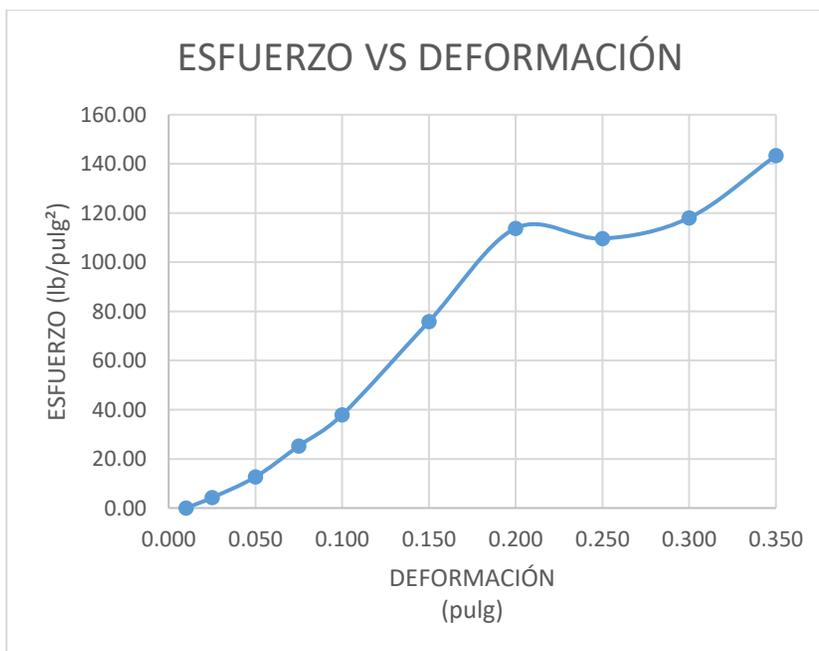
Espécimen adobe híbrido al 12% de cemento, 8% de cal y 20% de arena.

Tabla 15. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 3 muestra 3

Deformación	Lectura	Esfuerzo		
		Pulg	Carga lb	lb/pulg ²
0.010	0	0.00	0.00	0.00
0.025	1	52.95	4.22	0.30
0.050	3	158.85	12.65	0.89
0.075	6	317.70	25.29	1.78
0.100	9	476.55	37.94	2.67
0.150	18	953.10	75.88	5.34
0.200	27	1429.65	113.83	8.00
0.250	26	1376.70	109.61	7.71
0.300	28	1482.60	118.04	8.30
0.350	34	1800.30	143.34	10.08
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

4.8.1.5 Muestra 4

Espécimen adobe híbrido al 12% de cemento, 8% de cal y 30% de arena.

Densidad seca Máxima (Kg/m³): 1516

Porcentaje de humedad óptima: 22.8%

Porcentaje de humedad natural: 8.5%

Volumen del molde: 0.00094m³

$$Wm_{seco} = \gamma d_{max} * 0.00094m^3 * 3 * 1.15 = 4.916kg$$

$$Cemento = Wm_{seco} * 0.12 = 0.590kg$$

$$Cal = Wm_{seco} * 0.08 = 0.394kg$$

$$Arena = Wm_{seco} * 0.30 = 1.474kg$$

$$Ww = 4916 * 0.248 = 1220ml$$

Tabla 16. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 3 muestra 4

Deformación	Lectura	Esfuerzo		
		Carga lb	lb/pulg ²	Kg/cm ²
0.010	0	0.00	0.00	0.00
0.025	1	52.95	4.22	0.30
0.050	1	52.95	4.22	0.30
0.075	3	158.85	12.65	0.89
0.100	5	264.75	21.08	1.48
0.150	10	529.50	42.16	2.96
0.200	17	900.15	71.67	5.04
0.250	26	1376.70	109.61	7.71
0.300	33	1747.35	139.12	9.78
0.350	37	1959.15	155.98	10.97
0.400	44	2329.80	185.49	13.04
0.450	41	2170.95	172.85	12.16
0.500	41	2170.95	172.85	12.16
0.550	45	2382.75	189.71	13.34
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 13. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

4.8.1.6 Muestra 5

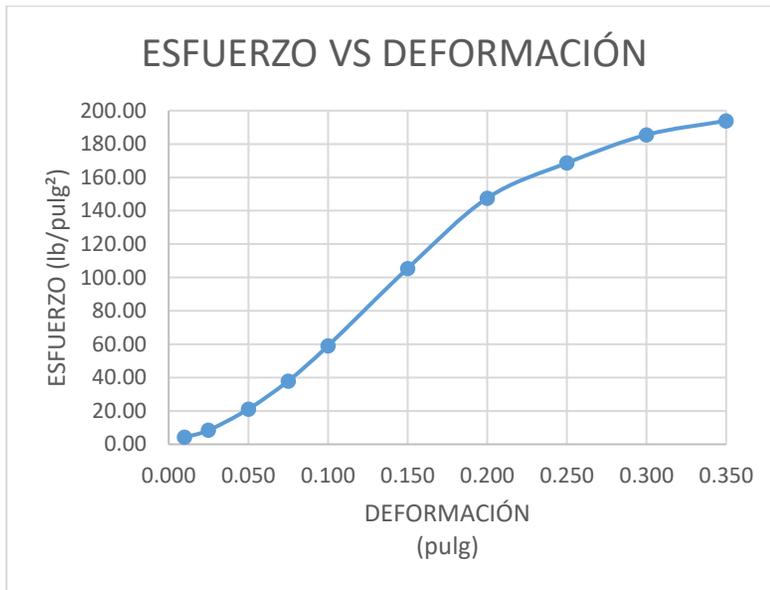
Espécimen adobe híbrido al 12% de cemento, 8% de cal y 30% de arena.

Tabla 17. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 3 muestra 5

Deformación	Lectura		Esfuerzo	
	Pulg	Carga lb	lb/pulg²	Kg/cm²
0.010	1	52.95	4.22	0.30
0.025	2	105.90	8.43	0.59
0.050	5	264.75	21.08	1.48
0.075	9	476.55	37.94	2.67
0.100	14	741.30	59.02	4.15
0.150	25	1323.75	105.39	7.41
0.200	35	1853.25	147.55	10.38
0.250	40	2118.00	168.63	11.86
0.300	44	2329.80	185.49	13.04
0.350	46	2435.70	193.93	13.64
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 14. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

4.8.1.7 Muestra 6

Espécimen adobe híbrido al 12% de cemento, 8% de cal y 30% de arena.

Tabla 18. Resultados de ensayo a compresión no confinada prueba 3 muestra 6

Deformación	Lectura	Esfuerzo		
		Carga lb	lb/pulg²	Kg/cm²
0.010	0	0.00	0.00	0.00
0.025	0	0.00	0.00	0.00
0.050	2	105.90	8.43	0.59
0.075	4	211.80	16.86	1.19
0.100	5	264.75	21.08	1.48
0.150	10	529.50	42.16	2.96
0.200	17	900.15	71.67	5.04
0.250	22	1164.90	92.75	6.52
0.300	28	1482.60	118.04	8.30
0.350	37	1959.15	155.98	10.97
0.400	44	2329.80	185.49	13.04
Factor =	52.95	lb/lectura		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 15. Esfuerzo vs deformación



Fuente: Elaboración propia

De las pruebas 1, 2, 3 se obtuvieron distintos resultados en relación a las dosificaciones, reaccionando mejor el espécimen de adobe híbrido con las proporciones 12% de cemento, 8% de cal y 30% de arena, el cual obtuvo en el ensayo de compresión no confinada una resistencia máxima de 13.64 Kg/cm² en el periodo de 7 días. Resultando una dosificación satisfactoria, con el que se procede a hacer el prototipo de bloque de adobe estabilizado.

4.9 Elaboración del bloque de adobe

Una vez determinados todos los ensayos de control de calidad en los laboratorios; obtenidos los resultados esperados se procede a la fabricación o elaboración del bloque de adobe estabilizado y posteriormente determinar su resistencia a la compresión.

4.9.1 Procedimiento de elaboración del adobe

- Preparar la adobera. Se utilizó una adobera de platina con las dimensiones de 14cm x 29 cm x 14 cm.
- Preparar mezcla con dosificación 12% de cemento, 8% de cal y 30% de arena a un 22.8% de humedad óptima.
- Llenar la adobera. Se lanzó con fuerza porciones de adobe estabilizado en tres capas, compactando cada capa con 25 golpes. La adobera(molde) se roció de aceite para que no se peguen los adobes.
- La mezcla debe estar al ras de la adobera(molde), emparejando la superficie usando una regla.
- Retirar la adobera(molde), el diseño de ensamblaje del molde permite desmontar los lados a través de pernos, los cuales se retiran luego de hacer un bloque haciendo más fácil retirarlo y evita deformaciones.

4.10 Resultados de análisis de resistencia a la compresión de los bloques de adobe estabilizado

Una vez elaborado el bloque de adobe estabilizado y curado en la etapa de periodo de 28 días; se realizó la resistencia a la compresión. Con un resultado máximo de 52.59 Kg/cm² y un resultado promedio de 42.40 Kg/cm².

Tabla 19. resumen de resultados a compresión de adobe estabilizado al 12% de cemento, 8% de cal y 30% de arena

Muestra	Peso kg	Fecha de Fabricación	Fecha de Ruptura	Resistencia Kg/cm ²	Edad del bloque Días
1	11.72	04-03-2020	31-03-2020	33.69	28
2	11.48	04-03-2020	31-03-2020	52.59	28
3	11.94	04-03-2020	31-03-2020	40.92	28

Fuente: Elaboración propia

4.10.1. Resultados comparativos de resistencia a la compresión de los bloques de adobe estabilizado con respecto al bloque tradicional.

Se realizaron una serie de ensayos y muestreos, con el fin de conocer las capacidades de resistencia del material adobe y su reacción a la estabilización física-química en diferentes dosificaciones, también analizando la resistencia de un bloque tradicional viendo una mejora significativa de sus características obteniendo un bloque más estético y resistente.

Tabla 20. resumen comparativo de resultados a compresión simple, de adobe estabilizado y adobe tradicional a la edad de 28 días.

RESISTENCIA DE ADOBE TRADICIONAL				
Muestra	Peso kg	Fecha de Fabricación	Fecha de Ruptura	Resistencia kg/cm²
1	13.983	02/11/2019	29/11/2019	11.25
2	12.025	02/11/2019	29/11/2019	10.11
3	15.365	02/11/2019	29/11/2019	12.05
Resistencia promedio		11.136 kg/cm²		
RESISTENCIA ADOBE ESTABILIZADO				
Muestra	Peso kg	Fecha de Fabricación	Fecha de Ruptura	Resistencia Kg/cm²
1	11.72	04-03-2020	31-03-2020	33.69
2	11.48	04-03-2020	31-03-2020	52.59
3	11.94	04-03-2020	31-03-2020	40.92
Resistencia promedio		42.40 Kg/cm²		

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez elaborado los bloques de adobe tradicional, y curado en la etapa de un periodo de 28 días; se realizó la prueba, resistencia a la compresión, ambos

elementos tratados a la misma edad, arrojando una mayor resistencia el adobe estabilizado con un promedio de 42.40 kg/cm² en comparación al tradicional que obtuvo el valor promedio de 11.14 kg/cm², mejorando su resistencia un 125.5%.

Cantidad de bloque para una vivienda de interés social y valor aproximado

Diseño estructural que comprende dos habitaciones, una sala-comedor y un baño con la cantidad de 1400 bloque de adobe estabilizado.

Tabla 21

Material	Cantidad	Costo aproximado en córdobas
Cemento	33 bolsas	10 890 C\$
Arena	2m ³	300 C\$
Cal	700 libras	7900 C\$
Mano de obra por bloque	1400	2800 C\$
	total	21890 C\$
Precio por bloque	1	16C\$

Fuente: Elaboración Propia.

La especificación de diseño para casa de interés social, en comparativa a las casas multifamiliares financiadas por el gobierno de Nicaragua y otras entidades como el banco BDF Y Grupo Promerica Banpro, dado el diseño de dos habitaciones, una sala comedora y un baño, estipulan 54 m2 diseño base que tomamos para el desarrollo de las casas de bloque estabilizado.

Información obtenida y actualizada de su página oficia El 19 digital.com y precios estimados para el año 2021 los cuales presentan variaciones según su geolocalización.

(Digital, 2020)

5 CONCLUSIONES

De acuerdo con los objetivos expuestos anteriormente, es posible sintetizar las siguientes conclusiones:

Una vez que se realizó el estudio de suelo al banco de material, la muestra seleccionada con el proceso de experimentación y control de calidad en los laboratorios determinados, se identificó por el método AASHTO que el tipo de suelo permisible es del tipo A-2-4 y por el método SUCS un suelo SP, que se identifica como un suelo arenoso con arcilla inorgánica de baja plasticidad, con un límite líquido de 19%, límite plástico 10.71% y un índice de plasticidad de 8.29%, el trabajo de cada una de estas pruebas realizadas obtuvo resultados satisfactorios.

Con las dosificaciones empleadas de estabilizantes; cemento, arena, cal y agua, que se agregó a la mezcla partiendo de la densidad seca máxima, en la que se pudo adquirir una resistencia adecuada a los 7 días, con la dosificación de 12% de cemento, 30% de arena y 8% de cal obteniendo una resistencia de 13.64 Kg/cm² en el ensayo a compresión no confinada.

A través del ensayo de resistencia a la compresión simple se obtuvo a los 28 días una resistencia máxima de 52.59 Kg/cm² y una resistencia promedio de 42.40 Kg/cm²; sobrepasando la resistencia a la compresión mínima del bloque de adobe estabilizado de 12 kg/cm² que emplea la normativa técnica de edificación E.080 adobe de Perú para fabricación o elaboración de adobe estabilizado, con los resultados obtenidos nos permite determinar que el material supera la calidad del bloque de adobe tradicional que promedia una resistencia de 11.14 kg/cm², mejorando su resistencia un 125.5%.

6 RECOMENDACIONES

Al implementar el sistema constructivo de Adobe estabilizado, es recomendable construir en verano, porque en invierno las lluvias representan atraso en la obra física y es más difícil trabajar con tierra mojada, ya que el material tiene que tener una humedad óptima para alcanzar una resistencia mínima de 12 kg/cm².

El desempeño de los datos de los resultados vasados en la investigación; utilizando el análisis prueba y error, se determinó que el bloque de adobe estabilizado con los parámetros de la dosificación propuesta mejora considerablemente sus características, con materia prima local y un costo accesible a la población de la zona norte de Nicaragua, con las siguientes consistencias; cal 8%, arena 30%, cemento 15% y 47% suelo local.

El bloque de adobe estabilizado es idóneo para implementarse en nuestro país, tomando en consideración la viabilidad económica de este.

Un molde metálico es más eficiente que uno de madera, dando un mejor acabado al bloque y brindando mayor comodidad al momento de compactarlo y extraerlo. Se debe evitar que el bloque quede expuesto totalmente al sol al momento de hacerlo, dejando un periodo mínimo de 48 horas de secado bajo sombra.

Bibliografía

- AASHTO. (2019). *compresion no confinada*. managua.
- AASHTO. (2019). *Ensayo a compresion confinada*. managua: AASHTO.
- AASHTO. (2019). *Ensayos de compresion no confinada*. managua.
- AASHTO, G. d. (2019). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications curva de compactacion*. Managua: AASHTO.
- Analicis. (2019). *AASHTO ,muestreo de proctor estandar*. Managua.
- analiticos, E. (2019). *software utilizado microsof excel*. managua.
- Arlen. (04 de 03 de 2012). Los secretos del adobe. *La Prensa*, pág. 7.
- ARQHYS. (21 de Diciembre de 2012). *ARQHYS*. Obtenido de ARQHYS:
<http://www.arqhys.com/articulos/?s=cimentacion+>
- arqhys.com. (11 de Junio de 2012). *arqhys.com*. Obtenido de arqhys.com:
sismoresistenci.blogspot.com/
- ARQHYS.com. (28 de Octubre de 2017). *ARQHYS.com*. Obtenido de ARQHYS.com:
<http://www.arqhys.com/articulos/muros-carga.html>
- AutoCAD. (1 de 10 de 2010). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia:
<https://es.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>
- BOOKCIVIL. (15 de Octubr de 2019). *BOOKCIVIL* . Obtenido de BOOKCIVIL :
<https://bookcivil.com/ciclo-basico/clasificacion-del-suelo-de-acuerdo-a-sucs-y-aahsto-excel/>
- Colecciones Nikas Cybermunicipio. (5 de 12 de 2000). *Glosario de las viviendas de Managua* . Obtenido de <http://www.manfut.org/managua/viviendaA.html>
- Digital, 1. (2020). *precios actualizados de materiales de contruccion*. managua:
<https://www.el19digital.com/>.
- Dirección General de Equipamiento Urbano y Vivienda de Perú. (13 de Junio de 2006). Elemento para una política nacional de vivienda. *Diario oficial de la federación*, págs. 15-16.

- Dirección Nacional de Construcción Perú. (2010). *Edificaciones Antisísmicas de Adobe - Manual de la construcción*. Lima, Perú, Perú : Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Domingo, S. (2019). *Suelo cemento*. Republica Dominicana: Instituto Tecnológico de Santo Domingo.
- Estudio. (2019). *representacion de muestras en tabla A*. managua.
- Estudio, o. d. (2019). *equipo granulometrico*. managuaa.
- Gran Diccionario . (20 de 11 de 2017). *Gran Diccionario de la Lengua Española* © 2016 Larousse Editorial, S.L. Obtenido de <https://es.thefreedictionary.com/arena>
- Maccaferri AMÉRICA LATINA. (20 de 11 de 2017). *Maccaferri*. Obtenido de <https://www.maccaferri.com/br/es/soluciones/revestimiento-superficial/>
- Microsoft. (17 de 03 de 2008). *Wikipedia*. Obtenido de Wikipedia: <https://es.wikipedia.org/wiki/Excel>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2000). *Norma técnica de edificación NTE E.080 ADOBE*. Lima, Perú: Dirección Nacional de la Construcción.
- MTI. (2017). Norma Minima de Diseño y Construcción de Mamposteria. En MTI, *Norma Minima de Diseño y Construcción de Mamposteria* (págs. 33-35). Managua: MTI.
- MUESTREO. (2019). *elaboracion de tabla en muestra A utilizando las normas ASSHTO*. MANAGUA.

Anexos



Ilustración 1, exploración de banco de suelo, para pruebas de campo.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 2 Prueba de campo, plasticidad, determinar consistencia preliminar del material.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 3 peso de muestra de suelo, encapsulado en bolsa negra cedula 800.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 4 Rotulación, clasificación, peso, sellado, y muestreo de banco, del material seleccionado.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 5 cuarteo de las muestras de campo.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 6 secado de las muestras por 24 horas 110 grados.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 7 pesado de las muestras.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 8 tamizado de las muestras, determinación de granulometría.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 9 traslado de material al laboratorio de suelos UNI Managua.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 10 muestras para ensayos a compresión no confinada.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 2 compactación ensayo a compresión no confinada.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 3 Muestras de para ensayos a compresión no confinada.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 4 confinamiento de muestra para ensayo a compresión no confinada.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 5 sellado de muestras para curado 7 días.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 6 calibración de maquinaria para ensayo a compresión no confinada.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 7 ensayo a compresión no confinada, ruptura de muestra.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 8 primer molde prototipo para bloque de adobe estabilizado.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 9 mezcla química, física para prototipo de adobe estabilizado.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 19 prototipó de adobe estabilizado.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 10 prueba a compresión simple, muestras de bloque adobe estabilizado.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 11 colocación de adobe en la prensa para prueba de compresión simple.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 12 segundo molde para adobe estabilizado.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 13 tercer molde, de acero con mejor facilidad para la extracción.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 14 muestra de adobe estabilizado final, hecha en marco de acero.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 15 muestras finales de adobe estabilizado para prueba de compresión simple.

Fuente: Elaboracion Propia.



Ilustración 16 prueba de compresión simple en adobe estabilizado.

Fuente: Elaboracion Propia.