



UNIVERSIDAD DE ESPECIALIDADES ESPÍRITU SANTO
FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERÍA CIVIL
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO:

**ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MÉCICAS DEL ADOBE TRADICIONAL
DE SAN ANTONIO DE CUMBE COMPARADO CON EL ADOBE REFORZADO
CON FIBRA DE VIDRIO Y CAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN QUE SE PRESENTA COMO REQUISITO PARA EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO CIVIL

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

PABLO ANDRÉS ORELLANA CAMACHO

NOMBRE DEL TUTOR:

ING. CARMEN TERREROS DE VARELA

SAMBORONDÓN, SEPTIEMBRE 20 DEL 2019

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado para Dios, mis padres y mi hija.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida que tengo en mi hogar junto a mi familia.

A mis padres por todo lo que han hecho por mí desde pequeño y que han sido mi mayor soporte para poder alcanzar mi título profesional.

A los docentes de la Universidad Espiritu Santo de la carrera de ingeniería civil por su profesionalismo en la cátedra.

RESUMEN

Las diversas estructuras u edificaciones que son usadas a diario por los seres humanos requieren de materiales, conocimientos técnicos, financiamiento, maquinaria y equipos. Las construcciones deben ser seguras cumpliendo factores de seguridad y las normas de construcción respectivas. Los materiales de construcción para los hogares varían dependiendo de la disponibilidad económica, facilidad a materiales, entre otros.

En la parroquia San Antonio de Cumbe el 86% de los hogares son construidos con bloques de adobe, material que ha sido usado de generación en generación desde tiempos milenarios. Sin embargo, estos hogares no cumplen con las normas de construcción por la falta de conocimiento técnico.

El presente trabajo de investigación propone la elaboración de un bloque de adobe mezclado con fibra de vidrio y estabilizado con cal que pueda ser utilizado para la construcción de hogares en la parroquia San Antonio de Cumbe.

Al añadir los dos nuevos materiales: cal y fibra de vidrio con óptimas proporciones de los mismos y agua los cuales fueron obtenidos de aplicar las pruebas de granulometría, sifoneado, proctor a la tierra del sector de estudio se comprobó que se mejoran las propiedades mecánicas en cuanto a la resistencia de compresión de este material para la construcción de viviendas seguras a un precio económico y cumpliendo las normas de construcción.

Palabras clave: Construcción, bloque de adobe, fibra de vidrio, Cal, Granulometría, Sifoneado, Proctor, propiedades mecánicas.

ÍNDICE GENERAL

1. CAPÍTULO I.....	8
BASES DE LA INVESTIGACIÓN.....	8
1.1 Planteamiento del problema	9
1.2 Formulación del problema	10
1.3 Hipótesis.....	10
1.4 Delimitación de la investigación	10
1.4.1 Descripción del lugar de estudio.....	10
1.4.2 Ubicación	11
1.4.3 Estructura geológica de la zona de estudio	12
1.4.4 Estratigrafía de la zona de estudio	13
1.5 Objetivo General y objetivos específicos.....	14
1.5.1 Objetivo General	14
1.5.2 Objetivos Específicos	15
1.6 Justificación y pertinencia	15
2. CAPÍTULO II.....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1 Adobe.....	19
2.1.1 Componentes del adobe.....	20
2.1.1.1 Tierra.....	20
2.1.1.2 Fibra de origen vegetal: Paja.....	25
2.1.1.3 Agua.....	26
2.1.2 Tipos de adobe	26
2.1.2.1 Adobe tradicional	26
2.1.2.2 Adobe Estabilizado	26
2.1.3 Tipos de configuración: Diseños de bloques de abobe	27
2.2 Proceso de elaboración de la mezcla de adobe	29

2.2.1	Elaboración de la mezcla del Adobe tradicional	29
2.2.2	Elaboración de la mezcla del adobe estabilizado.....	30
2.3	Características del adobe	30
2.4	Normas y dimensiones de muestras de adobe	32
2.5	Compilación de resultados de ensayos realizados.....	32
2.5.1	Compresión.....	32
2.5.2	Flexión	33
2.6	Usos del adobe	34
2.7	Ventajas y desventajas del adobe	35
2.8	Refuerzos para bloques de adobe existentes	35
2.9	Fibra de Vidrio	36
2.9.1	Tipos de fibra de vidrio.....	36
2.9.1.1	Fibras de uso general Clase E	36
2.9.2	Características de las fibras de vidrio.....	37
2.9.3	Ventajas y desventajas	38
3.	CAPÍTULO III.....	39
	Metodología.....	39
3.1	Métodos de investigación	40
3.1.1	Investigación analítica	40
3.1.2	Investigación bibliográfica	40
3.1.3	Investigación de campo	40
3.1.4	Investigación de laboratorio	41
3.2	Desarrollo.....	41
3.3	Ensayos de laboratorio	42
3.3.1	Granulometría.....	42
3.3.2	Sifoneado	45
3.3.3	Prueba Proctor	46
3.4	Proceso de elaboración de las muestras de adobe.....	50
3.4.1	Elaboración de Ensayos a compresión	50
3.4.2	Elaboración de Ensayos a flexión	57
4.	CAPÍTULO IV	60
	ANÁLISIS.....	60
4.1	Análisis previos.....	61

4.2	Resultados de ensayos a compresión y flexión.....	67
4.3	Uso del bloque (metodología constructiva).....	75
4.4	Costo de elaboración del adobe con 2% cal y 0.12% fibra de vidrio	77
5.	CAPÍTULO V	Error! Bookmark not defined.
	Conclusiones y Recomendaciones.....	Error! Bookmark not defined.
	Bibliografía	81

1. CAPÍTULO I

BASES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

Durante todo el proceso de construcción de estructuras se requiere la ejecución de buenas prácticas constructivas para que resulte segura y rentable. Esto implica cumplir con normas de construcción, entre las cuales se encuentran: calidad de los materiales, mejora del suelo, personal capacitado, factor de seguridad, esfuerzos, cargas admisibles, entre otras (UNI, 2014).

Por lo general, dentro de los sectores rurales de Ecuador se realizan construcciones informales ya que no se aplican correctamente las prácticas constructivas porque no emplean el uso de materiales adecuados, personal de obra no capacitado, entre otros factores. (Notimundo, 2016).

En la parroquia de San Antonio de Cumbe para la construcción de viviendas se ha usado el adobe tradicional desde tiempos ancestrales, siendo un material referente en la construcción por las costumbres y tradiciones. Los conocimientos de elaboración del adobe tradicional han sido transmitidos de generación en generación. Estas construcciones con adobe tradicional en esta parroquia no cuentan con estudios técnicos para cumplir con las normas de construcción.

Las viviendas en este sector que han sido construidas con bloques de adobe tradicional no son seguras y ante eventos naturales como movimientos sísmicos o la aplicación de cargas sobre la estructura presenta fisuras y agrietamientos en los muros de adobe con alta probabilidad de fallar estructuralmente, generando pérdidas económicas y, además un peligro para la vida humana. De acuerdo a estudios en laboratorio, este material presenta un comportamiento frágil por sus propiedades mecánicas bajo estado de cargas de compresión y flexión.

1.2 Formulación del problema

En la parroquia de San Antonio de Cumbe de la provincia de Loja en el Ecuador, productores informales se dedican a la comercialización del adobe tradicional para la construcción de viviendas unifamiliares. Debido a la característica frágil del adobe, diferentes investigadores han realizado estudios del comportamiento mecánico. La materia prima que constituye el adobe es en su mayoría tierra, sus propiedades mecánicas dependerán del tipo de suelo donde sea extraído, por lo tanto, es importante en el sector de estudio investigar sobre las propiedades mecánicas de este material, por ello para el desarrollo de esta investigación se quiere dar respuesta a la siguiente interrogante: ¿Si se incorpora fibra de vidrio en la mezcla de adobe tradicional y cal como elemento estabilizante, de qué forma el porcentaje de fibra de vidrio agregado afectará la resistencia mecánica a compresión y flexión de la mezcla?

1.3 Hipótesis

El adobe tradicional de la parroquia San Antonio de Cumbe al mezclarse con fibra de vidrio y estabilización con cal permitirá mejorar las propiedades mecánicas en cuanto a la resistencia de compresión y flexión de este material, para la construcción de viviendas más seguras, cumpliendo con las normas de construcción.

1.4 Delimitación de la investigación

1.4.1 Descripción del lugar de estudio

La parroquia San Antonio de Cumbe pertenece al cantón Saraguro, localizado al norte de la provincia de Loja. La población de esta parroquia es de 1146 personas (INEC, 2010). La altitud de esta zona se encuentra entre los 1600 y 2800 msnm. La extensión territorial es de 7833.40 hectáreas. La temperatura varía entre los 8° y 27° centígrados (GAD SAN ANTONIO DE CUMBE, 2017).

Su posición geográfica le permite tener una diversidad de climas entre temperado y subhúmedo, y diferentes tipos de suelo, por lo tanto, cuenta con gran variedad de productos agrícolas. Además, esta zona cuenta con presencia de minerales para la industria minera, y también con material pétreo y vegetación que es usada como materia prima para las industrias de construcción y cerámica, generando fuentes de empleo para sus habitantes (GAD SAN ANTONIO DE CUMBE, 2017).

La actividad agrícola es la principal actividad económica en esta parroquia, alrededor del 80,7% de su población económicamente activa (PEA) se dedica a esta actividad. La construcción representa la segunda actividad económica en esta parroquia, cerca del 6,21% de la PEA ejerce esta actividad (INEC , 2010).

1.4.2 Ubicación

La parroquia San Antonio de Cumbe se encuentra en la región interandina, pertenece al cantón Saraguro, provincia de Loja. Se localiza a 29 km de la cabecera cantonal de Saraguro con la provincia del Azuay por la vía antigua. Sus límites son: al norte con la provincia del Azuay; al sur con la parroquia Urdaneta; al Este con la parroquia el Tablón, y al oeste con la parroquia San Pablo de Tenta (Jirón , 2015).

En esta parroquia existe una adobera, teniendo en cuenta que se realizó la investigación al adobe elaborado en dicha adobera. La localización exacta se encuentra:

Latitud: Sur 3° 33' 40.526''

Longitud: Oeste 79° 13' 22.152''

UBICACION DE LA PARROQUIA SAN ANTONIO DE CUMBE

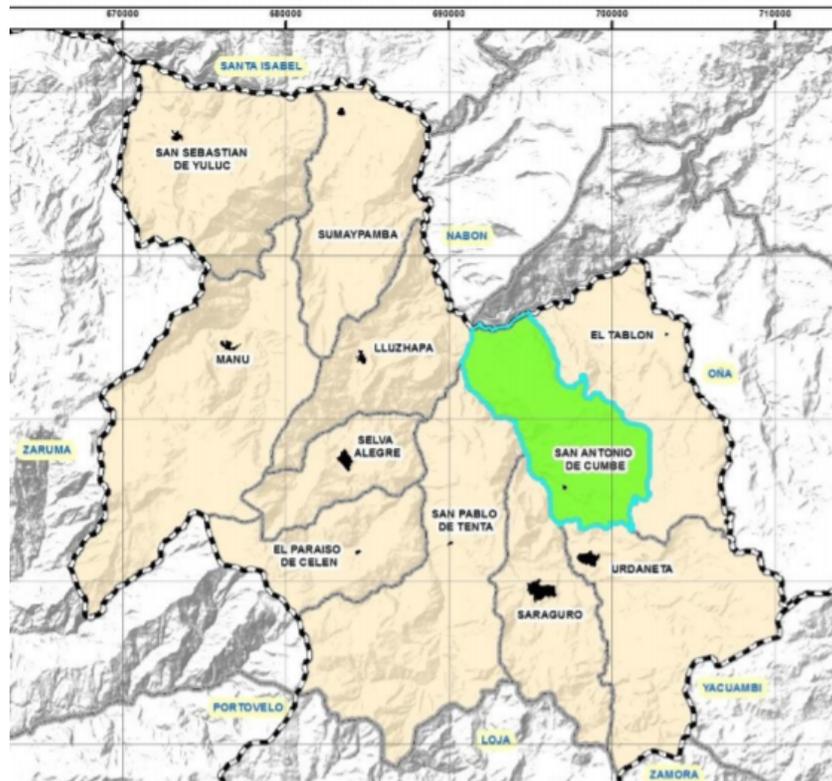


Figura 1. 1 Localización de la parroquia San Antonio de Cumbe

Fuente: Google Earth, 2018.

1.4.3 Estructura geológica de la zona de estudio

La zona de estudio forma parte de la cuenca sedimentaria de Loja que a su vez pertenece a la Cordillera Real y se constituye por rocas metamórficas, sedimentarias y volcánicas. Esta cuenca presenta fallas longitudinales y transversales marginales (Jumbo Merino, 2012).

La topografía es irregular porque presenta inclinaciones, pisos altitudinales, y partes planas. Los tipos de suelo que se encuentra en esta parroquia son secos, arcillosos, arcillo arenosos con presencia de epipedón negron. Estos suelos son parte del relleno sedimentario de la cuenca de Loja y se clasifican en: Argiustoll y Dystropet + Dystran Dept, considerados frágiles y no aptos para la elaboración de adobe (MUNICIPIO DE SARAGURO, 2016).

1.4.4 Estratigrafía de la zona de estudio

La estratigrafía de la parroquia San Antonio de Cumbe forma parte del Cantón Saraguro. Esta zona está formada por diversas rocas formadas desde el periodo mioceno medio a tardío que contienen yacimientos de minerales y materiales para construcción que constantemente son extraídos (MUNICIPIO DE SARAGURO, 2016).

Las formaciones geológicas que contiene son las siguientes:

- **Depósito Coluvial:** Presenta material no consolidado formado por grava, arena y limo.
- **Unidad Río Sinincapa:** Formación de tobas de grano fino a grueso.
- **Unidad Chilpe Potero:** Formación de tobas de cristales compuestos de riolítica.
- **Grupo Azogues, Chota y Ayancay:** Se compone principalmente por arcilla, arenisca y conglomerados.
- **Unidad El Pan:** Formación de turbiditas, esquistos y pizarras negras.
- **Volcánicos de Pisayambo:** Se compone de lava andesítica o riolítica.
- **Volcánicos Saraguro:** Formación compuesta por rocas volcánicas ácido calco alcalinas.

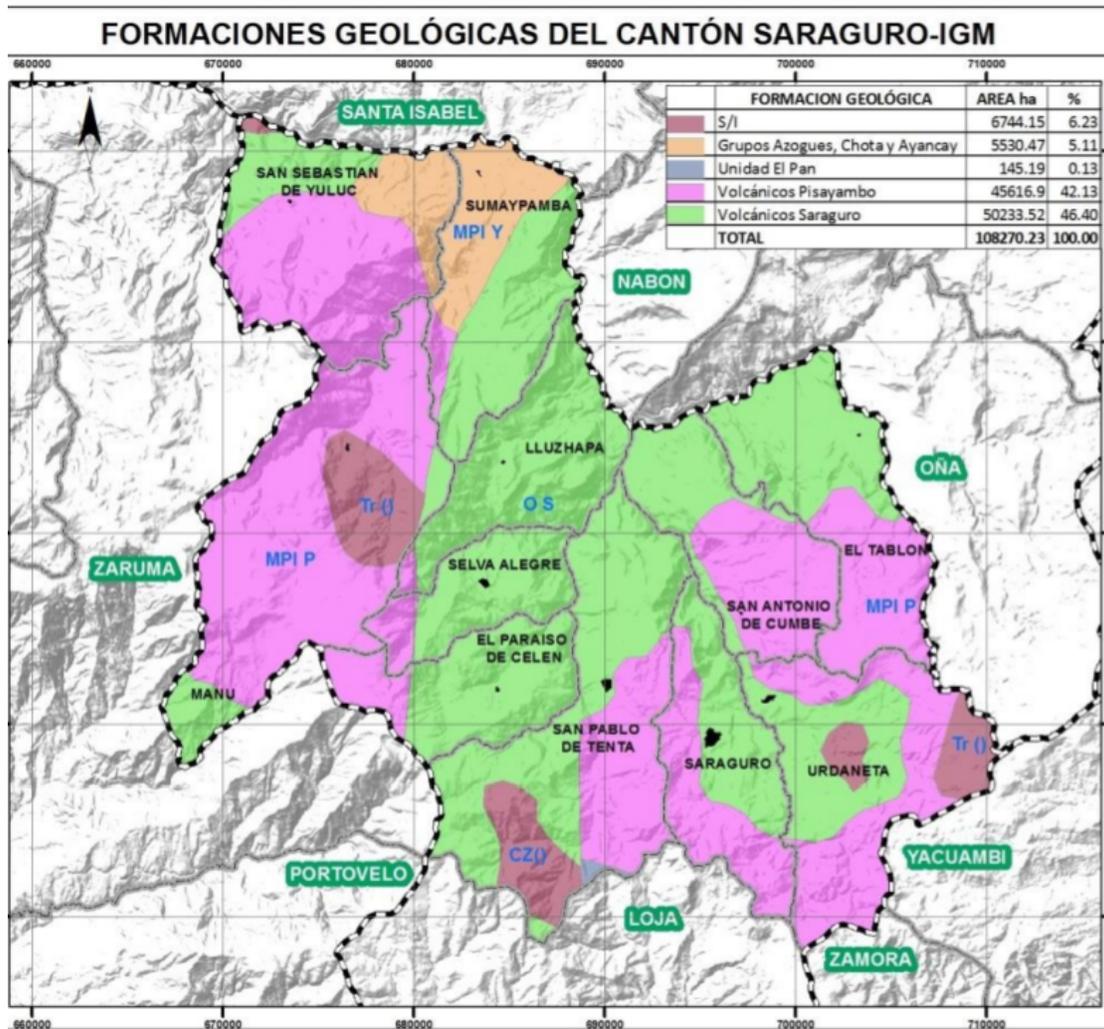


Figura 1. 2 Formaciones Geológicas del Cantón Saraguro

Fuente: Municipio de Saraguro, 2016.

1.5 Objetivo General y objetivos específicos

1.5.1 Objetivo General

Determinar y analizar la resistencia mecánica a compresión y flexión de adobe reforzado con fibras de vidrio estabilizado con cal y compararlas con las del adobe tradicional de la parroquia San Antonio de Cumbe.

1.5.2 Objetivos Específicos

- 1 Localizar los puntos de toma de muestra en el sitio de estudio y para posteriormente realizar la caracterización granulométrica del material base para la fabricación de adobe.
- 2 Evaluar el comportamiento de la cal en la mezcla.
- 3 Ensayar probetas a compresión para el adobe tradicional y adobe con fibras de vidrio estabilizado con cal.
- 4 Ensayar probetas a flexión para el adobe tradicional y adobe con fibras de vidrio estabilizado con cal.
- 5 Cuantificar los costos involucrados en el proceso de fabricación de bloques de adobe con fibras de vidrio estabilizado con cal.

1.6 Justificación y pertinencia

El adobe tradicional es un material de construcción ancestral, y en la actualidad se siguen construyendo casas con adobe. El tipo de suelo que se use para elaborar el adobe determinará sus propiedades mecánicas. De acuerdo a datos proporcionados por ARCOM – 2014 sobre el cantón Saraguro, se conoce que en extracción de materiales de construcción se destinan 101,24 hectáreas (MUNICIPIO DE SARAGURO, 2016).

En la parroquia San Antonio de Cumbe existe un alto índice de uso de adobe tradicional para la construcción de viviendas según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, alrededor del 86,24% de las viviendas son construidas con este material (MUNICIPIO DE SARAGURO, 2016).

Tabla I. Material en paredes exteriores de las viviendas del Cantón Saraguro

Parroquia	Hormigón	Ladrillo o Bloque	Adobe o Tapia	Madera	Caña Revestida o Bahareque	Caña no revestida	Otros materiales	Total
Saraguro	93	571	1232	195	104	2	1	2198
El paraíso de Celen	5	117	533	25	19	0	4	703
El Tablón	0	16	232	4	3	0	0	255
Lluzhapa	3	62	359	7	3	0	0	434
Manu	7	154	507	18	14	0	3	703
San Antonio de Cumbe	1	39	282	3	2	0	0	327
San Pablo de Tenta	7	121	626	56	109	0	0	919
San Sebastián de Tenta	1	116	109	3	5	2	2	238
Selva Alegre	8	72	391	13	4	0	0	488
Sumaypamba	33	147	143	13	19	0	0	355
Urdaneta	22	405	501	44	49	0	3	1024
Total	180	1820	4915	381	331	4	13	7644

Fuente: INEC, 2010.

Como justificación del presente trabajo de investigación, se tiene que las viviendas de esta parroquia presentan fisuras y agrietamientos en sus bloques de adobe debido a movimientos sísmicos, además, en base a pruebas realizadas en laboratorio determinaron que el bloque de adobe elaborado en el sector no alcanza los resultados mínimos que la norma ecuatoriana de construcción exige (Gómez, 2018 & Orellana, 2019). Por tal motivo, es importante realizar un estudio técnico con sus respectivas normas en cuanto a la elaboración de los bloques de adobe en esta parroquia.

Cabe recalcar, que en esta parroquia existe una adobera tradicional a cargo del señor Jaime González, donde producen bloques de adobe con medidas de 40x16,5x20 cm (ver figura 1.3), las cuales no cumplen con las medidas estándar de las normativas NEC-2015.

Como consecuencia, las viviendas de esta parroquia construidas con adobe tradicional tienen tendencia a colapsar generando pérdidas humanas y económicas. Por lo tanto, este trabajo de investigación se enfoca en la necesidad de mejorar la resistencia mecánica a compresión y flexión del adobe tradicional por medio de la mezcla con fibra de vidrio y estabilización con cal para las futuras construcciones de las viviendas de esta parroquia, y a su vez reemplazar la paja para evitar problemas de erosión del suelo en la zona de estudio. Además, se proporcionará un instructivo al señor Jaime Gonzales sobre la elaboración de este nuevo material.

Pertinencia académica: En la actualidad universidades como la Politécnica Nacional de Quito, y la de Cuenca son pioneras en investigación con este material, motivo por la cual la UEES debería empezar a incursionar en la investigación del adobe que sigue siendo usado en la actualidad.

Pertinencia social: se buscará beneficiar a la comunidad porque se instruirá y se entregará el instructivo de elaboración del adobe reforzado a la adobera existente en esta parroquia para que se construyan viviendas más seguras, a su vez, dejando de usar la paja (se controlará así más la erosión del suelo). Además, se impulsará la microempresa en el sitio de estudio.



Figura 1. 3 Bloques de adobe usados en la parroquia San Antonio de Cumbe.

Fuente: Orellana, 2018.

2. CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se definirán los principales conceptos relacionados al adobe, suelo, fibra de vidrio, cal, propiedades mecánicas, y normas de construcción. Estos conceptos permiten al lector conocer sobre los materiales de estudio para la construcción de viviendas en la parroquia San Antonio de Cumbe, y así como también sobre aspectos técnicos en la construcción.

Posteriormente, se realizará un análisis comparativo entre el adobe tradicional que se usa en la parroquia San Antonio de Cumbe y el adobe reforzado con fibras de vidrio y estabilizado con cal.

2.1 Adobe

Tradicionalmente se conoce al adobe como una mezcla compuesta de: tierra (arcillas, arena y gravas), agua y fibras naturales, que comúnmente es utilizada en la construcción (Montero, Morales, & Pereira, 2010). La mezcla que se obtiene como resultado se la denomina “barro”, tal como se muestra en la figura 2.1, la misma que puede ser mezclada a mano o con ayuda de herramientas.



Figura 2. 1 Mezcla para la elaboración de adobe.

Fuente: Kircher, 2018.

El adobe es un material de construcción que se ha usado a lo largo de los años por las comunidades indígenas, siendo uno de los más usados por la facilidad de elaboración, y bajo costo; y cuyo conocimiento para la fabricación de este

material y uso para la construcción de viviendas se transmite por tradición de generación en generación en las zonas rurales, sin fundamentos técnicos de ingeniería y construcción, por tal motivo, se consideran construcciones informales (Bondet, Garcia , Brzev, & Rubiños, 2011).



Figura 2. 2 Almacenamiento del adobe

Fuente: Sarango & Yuquilima, 2016.

2.1.1 Componentes del adobe

Los componentes que se requieren en la mezcla para elaborar el adobe son: tierra (arcillas, arena, gravas y limo), agua y fibras naturales como la paja. El resultado que se obtiene de dicha mezcla que se realiza a mano o con herramientas también se denomina barro.

2.1.1.1 Tierra

La tierra es el material que se encuentra por capas en la superficie de la corteza terrestre en donde se desarrolla la vida tanto animal como vegetal; surge como resultado de la desintegración natural de las rocas por efecto de los agentes del intemperismo (De la Peña Estrada, 1997).



Figura 2. 3 Tierra para la elaboración de adobe.

Fuente: Sarango & Yuquilima, 2016.

Dependiendo del lugar de donde se extraiga la tierra va a variar su composición y propiedades mecánicas. La tierra está compuesta de arcilla, limo, arena y algunas veces de agregados como grava y piedras. Según Gernot Minke, los suelos óptimos para la elaboración del adobe se localizan a 40 cm de profundidad y aquellos que se encuentren antes de la roca madre; este estrato se considera libre de materia orgánica, grandes piedras y raíces (Minke, 2005).

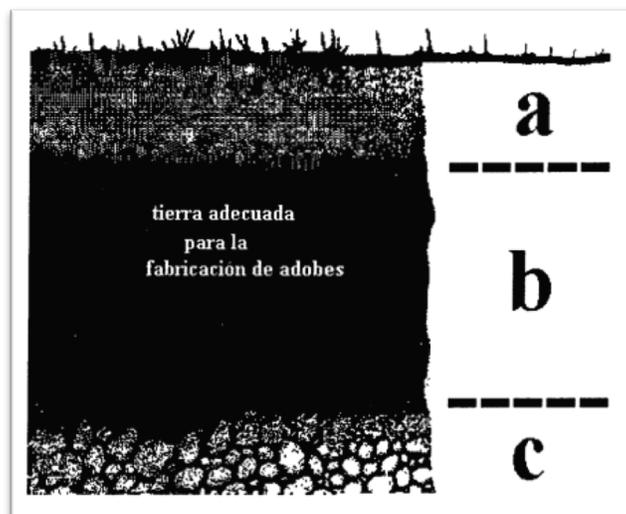


Figura 2. 4 Localización de tierra adecuada para la fabricación de adobe.

Fuente: Teixeira Martins, 2015.

La tierra que se usa como mezcla para la elaboración de adobe debe contener entre 20% - 30% de arcilla, y 70% - 80% de arena (Díaz, 2016). Existe otro tipo de tierra que además de arcilla y arena, contiene limo. En este caso, es conveniente que la mezcla para elaborar el adobe contenga 15% de arcilla, 10% - 30% de limo, y entre 55% - 75% de arena (Torres, 2015).

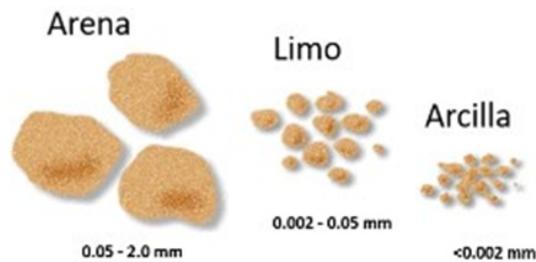


Figura 2. 5 Partículas presentes en la tierra.

Fuente: Díaz, 2016.

- **Grava**

Se denomina grava a las rocas cuyo tamaño se encuentran entre 2 mm y 64 mm, las cuales se encuentran en estado natural o pueden ser obtenidas de forma artificial mediante la molienda de las rocas (Tanck & Fazani, 2012).



Figura 2. 6 Grava para adobe.

Fuente: Díaz, 2016

- **Arena**

Material de construcción constituido de pequeñas partículas de minerales, las cuales se han formado a partir del desprendimiento de partículas de una roca primaria producido por fricción natural u obtenida por métodos de molienda artificial. En la elaboración de adobe se usa arena gruesa que comprenden partículas de entre 0.6 mm y 4.75 mm de diámetro (QuimiNet, 2013).



Figura 2. 7 Arena para la mezcla en la elaboración de adobe.

Fuente: Sarango & Yuquilima, 2016.

- **Arcilla**

Material cuyas partículas son de tamaño menor o igual a 0.002 mm, con características plásticas que al entrar en contacto con agua permite la cohesión entre sus partículas facilitando el amasado de la mezcla; y que al perder humedad permiten que las mezclas adquieran resistencia natural (Ministerio de Vivienda Control y Saneamiento del Perú, 2017).

Por lo tanto, en la mezcla, la cantidad de arcilla expansiva no debe exceder a la arcilla caolinita, puesto que tiende a realizar un secado desigual. Por el contrario, demasiada caolinita hará un bloque de adobe débil (Torres, 2015).



Figura 2. 8 Arcilla para adobe.

Fuente: Chuya & Ayala, 2018.

- **Limo**

Material inerte cuyas partículas se encuentran entre los tamaños de 0.002 mm a 0.08 mm, de origen puede ser orgánico e inorgánico, de características no cohesivas, inestable en presencia de agua, puede ganar o perder volumen (Ministerio de Vivienda Control y Saneamiento del Perú, 2017).



Figura 2. 9 Limo para adobe.

Fuente: Chuya & Ayala, 2018.

2.1.1.2 Fibra de origen vegetal: Paja

Se considera como una fibra de origen vegetal. Este material vegetal es nativo de zonas andinas, por su dureza y textura sirve como refuerzo en las mezclas de tierra para construcción de muros de viviendas porque permite la estabilización del barro (Ministerio de Vivienda Control y Saneamiento del Perú, 2017).



Figura 2. 10 Paja para adobe del sitio de estudio

Fuente: Sarango & Yuquilima, 2016.

2.1.1.3 Agua

En la elaboración del adobe las normas peruanas indican que debe ser agua potable libre de cualquier materia orgánica, sólidos en suspensión y sales. En el adobe, al incorporar agua a la mezcla permite que esta sea maleable y moldeable (Chuya & Ayala, 2018).

2.1.2 Tipos de adobe

En la normativa de Nuevo México NMCA 14.7.4 se menciona cuatro tipos de adobe como el adobe tradicional, estabilizado, quemado y el terrón. Para la presente investigación se considera el adobe tradicional y estabilizado.

2.1.2.1 Adobe tradicional

El adobe tradicional es aquel que se elabora de forma artesanal, mencionado en el punto 2.1 de este capítulo, en el cual se emplea la paja como estabilizador de la mezcla.

2.1.2.2 Adobe Estabilizado

El adobe estabilizado es aquel que se puede emplear distintos materiales estabilizantes como el cemento, la emulsión asfáltica y la cal, para la siguiente investigación se enfoca la cal como elemento estabilizador.

- **Cal**

La cal es un material de construcción que sirve para dar estabilización de suelos y mezclas, elaboración de partes de concreto, adobe, pinturas, entre otras aplicaciones. La cal se

obtiene a partir de la piedra caliza. Esta piedra se compone de carbonato de calcio (CaCO_3), y después de los procesos de trituración, calcinación e hidratación se obtiene la cal (Grupo Calidra, 2016).

Existen cuatro tipos de cal entre ellas están la cal viva, hidratada, aéreas e hidráulicas. Comúnmente se utiliza la cal hidráulica ya que proporciona altas resistencias a esfuerzos y estabiliza la masa de arcilla (Cáceres, 2017).



Figura 2. 11 Cal hidráulica

Fuente: Usedo, 2015.

2.1.3 Tipos de configuración: Diseños de bloques de abobe

Tabla II. Tipos de configuración de los bloques de adobe

Nombre	Forma	Dimensiones	Figura
Bloques de adobe comprimido	Rectangular	Largo: dos veces su ancho. Altura: de 8 a 12 cm.	
	Cuadrado	Lados: no mayor a 40 cm.	
Bloques de adobe trapezoidal	Trapezio	Tiene una relación alto ancho de 4:3, 2:1 y 3:1.	
Bloques de adobe cónico	Cono	Diámetro: 25 cm. Altura: 25 cm.	
Bloques de adobe cilíndrico	Cilindro	Diámetro: 90 mm. Altura: dos veces sub-diámetro.	

Fuente: Torres, 2015 & Aguilar & Quezada , 2017.

2.2 Proceso de elaboración de la mezcla de adobe

2.2.1 Elaboración de la mezcla del Adobe tradicional

Para la elaboración del adobe se debe tener ciertas consideraciones para la selección del lugar para la mezcla, los materiales y sus proporciones. El clima al momento de realizar la mezcla debe ser soleado, si existiera pronóstico de lluvia el proceso de mezclado debe ser bajo techo (Bonilla & Merino, 2017).

Método pozo de remojo: es el método más simple porque se puede utilizar las manos o pies para el mezclado, actualmente se ha incorporado el uso de palas tal como se lo ve en la figura 2.12. Como parte inicial del proceso, se mezclan los materiales secos, cuatro partes de tierra y una parte de paja triturada. Una vez bien mezclado se agrega poco a poco el agua hasta obtener el barro con una consistencia manejable y moldeable que no se pegue a manos ni pies (Graham, 2008).



Figura 2. 12 Proceso de mezclado de materiales secos para adobe.

Fuente: Hernández , 2012.



Figura 2. 13 Mezcla de materiales secos con agua para elaboración del adobe.

Fuente: Hernández , 2012.

2.2.2 Elaboración de la mezcla del adobe estabilizado

Para la elaboración del adobe estabilizado se sigue el mismo procedimiento que para el tradicional con la diferencia que se usa como estabilizante la cal.

2.3 Características del adobe

El adobe al ser un compuesto orgánico posee diferentes características o propiedades físicas como mecánicas brindadas por los distintos materiales que lo conforman. Es un material que no se considera ni homogéneo ni isotrópico puesto que sus propiedades cambian de acuerdo a varios factores como: lugar, clima, técnicas de fabricación, y además su granulometría (Bonilla & Merino, 2017).

Para mejor comprensión, en la figura 2.14 se puede apreciar cómo es el comportamiento diferenciado entre un material isotrópico, orto trópico y anisotrópico ante un estado de carga (tracción).

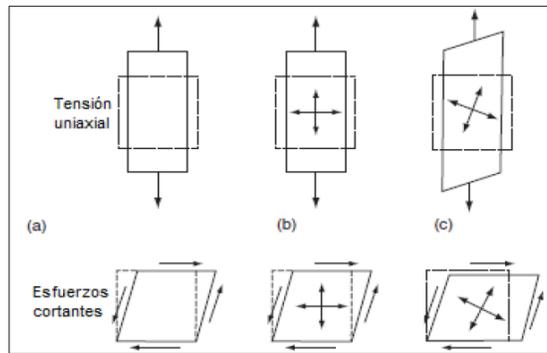


Figura 2. 14 Comportamiento mecánico de: (a) isotrópicos, (b) ortotrópicos y (c) anisotrópicos.

Fuente: Gonzalez Villareal, 2014.

De acuerdo a la figura 2.14, en un material anisotrópico, cuando se le es aplicada una carga normal provocará lo siguiente: extensión en la dirección de la carga, una reducción del material de manera perpendicular a la carga y a su vez una deformación por cizalladura (González, 2014).

Las características físicas del adobe primera instancia se percibe el olor a tierra húmeda que emana del adobe, pero si se distingue un olor a moho el barro no es apto. A simple vista debe tener un color claro y brillante relacionando con la textura rugosa cuando se toca.

Existen varios tipos de pruebas que se puede realizar al adobe, están las que se hacen in situ y en laboratorios. Entre las pruebas in situ se tiene la prueba del olor, mordedura, color, cinta de barro y de la presencia de arcilla o resistencia seca (De la Peña Estrada, 1997).

La Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC - 2015) en su capítulo: “viviendas de hasta dos pisos” menciona criterios a seguir para cualquier diseño o pre dimensionamiento de edificaciones donde se utilizarán muros portantes a base de adobe, pero en cuanto a el diseño estructural de estos elementos se debe basar en el Código de Construcción con Adobe del Perú, Norma E.080 (Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda, 2015).

2.4 Normas y dimensiones de muestras de adobe

Para poder realizar los ensayos en bloques de adobe se debe tener en consideración lo que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla III. Tipos de ensayos, las normativas y dimensiones de probetas

Nombre del ensayo	Normativa (País)	Forma	Dimensión	Resistencia última	Cant. Muestra
Resistencia a la compresión tierra	E.080 - Perú	Cubo	10x10x10 cm	1.0 Mpa (10.2 kgf/cm ²)	6
Resistencia a la flexión adobe	NTE INEN 2554 - Ecuador	Unidad	28,5 x 9 x 10 cm		2

Fuente: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017

2.5 Compilación de resultados de ensayos realizados

2.5.1 Compresión

Los ensayos a compresión realizados en muestras de adobe tradicional se utilizaron medidas que oscilan entre 10.35*10.28*10.26 a 10.38*10.30*10.29 centímetros (altura, ancho y largo). A estas se aplicaron esfuerzos entre 1 395 a 1450 kg, permitiendo tener un promedio de resistencia última de 14.085 kg/cm². Por medio de estos resultados, se concluyó que el modo de falla que se dio en la muestra de adobe endurecida fue dúctil (Cáceres, 2017).

En muestras de adobes estabilizados con cal con un porcentaje entre 5 al 20 se utilizaron dimensiones entre 10.20*10.11*10.09 hasta 10.29*10.15*10.11 centímetros (altura, ancho y largo). A las cuales se aplicó esfuerzos que van desde 1 570 a 1 930 kg, permitiendo obtener promedios de resistencia última de 15.39 kg/cm² (al 5%), 15.99 kg/cm² (al 10%), 16.95 kg/cm² (al 15%), 18.57 kg/cm² (al 20%). Todas estas fallas arrojaron que las muestras fueron frágiles (Cáceres, 2017).

Además, la presencia de ramas o raíces, permiten que el material sea débil como se observa en los resultados ilustrados en la figura 2.15. A partir de este experimento se puede deducir que ninguna de las muestras en el momento del ensayo se comporta de manera similar debido a la tierra.



Figura 2. 15 Pruebas a compresión de adobe

Fuente: Aguilar & Quezada , 2017.

2.5.2 Flexión

Ensayos de flexión ya realizados en muestras de adobe tradicional a flexión se utilizaron medidas que oscilan entre 10.00*35.00*20.00 a 10.01*35.03*20.02 centímetros (altura, ancho y largo). A estas se aplicaron esfuerzos entre 310 a 350 kg, permitiendo tener un promedio de resistencia última de 7.45 kg/cm². Los resultados de la muestra de adobe endurecida expusieron que era dúctil (Cáceres, 2017).

Para muestras de adobes estabilizados con cal entre el 5 al 20% se produjeron en dimensiones entre 10.20*35.08*20.10 hasta 10.16*35.11*20.10 centímetros (altura, ancho y largo). A las cuales se aplicó esfuerzos que van desde 350 a 470 kg, permitiendo obtener promedios de resistencia última de 7.91 kg/cm² (al 5%), 8.71 kg/cm² (al 10%), 9.18 kg/cm² (al 15%), 9.79 kg/cm² (al 20%). Todos los modos de fallas obtenidos como resultados a las pruebas fueron frágiles (Cáceres, 2017).

Debido a que físicamente la flexión está compuesta por otras fuerzas, en el momento de los ensayos el adobe debe fracasar solo por flexión. En las distintas muestras hubo diferentes proporciones de paja, distribución, concentrado en el centro del elemento o en la superficie.

2.6 Usos del adobe

El adobe puede ser utilizado en diferentes aspectos, según la norma peruana. En esta se permite la construcción desde una vivienda de una planta hasta industrias, cumpliendo con normativas de densidad habitacional y dimensionamiento (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017).

La unidad de bloque en conjunto con el mortero configura los muros. Dependiendo de si el muro se encuentra o no reforzado se dimensiona la cantidad de mortero a usar. El mortero debe estar compuesto por el barro con el que se elabora el bloque de adobe y para evitar que se generen fisuras se agregan sustancias naturales. Según la configuración del muro la cantidad del mortero a aplicar oscila entre 5 a 20 mm en muros sin refuerzos, y 40 mm en muros reforzados en sentido horizontal y vertical.

2.7 Ventajas y desventajas del adobe

Tabla IV. Ventajas y desventajas del adobe

Ventajas	Desventajas
Bajo índice de desechos y contaminación al ambiente.	Sensible a la humedad, lluvia, viento por la poca protección de los muros.
Material reutilizable y de fácil acceso económico.	Metodología constructiva empírica cuyos conocimientos se transmiten de generación en generación.
Tecnología constructiva simple.	Bajo desempeño sísmico.
Aislamiento acústico y térmico.	
Ahorro de energía puesto que no se requieren de procesos industrializados para su fabricación.	

Fuente: Aguilar & Quezada , 2017.

2.8 Refuerzos para bloques de adobe existentes

Debido a que el adobe posee unas bajas propiedades mecánicas, se lo refuerza con diferentes materiales, tanto naturales como industriales. Entre los cuales encontramos:

- Varillas de acero de refuerzo
- Polímeros reforzados con fibra (carbono, vidrio y aramida).

Se han realizado diferentes estudios y pruebas para la utilización de los polímeros reforzados con fibra a manera de láminas recubiertas, y fibra a manera de varillas (Bonilla & Merino, 2017).

2.9 Fibra de Vidrio

Es un material compuesto elaborado a base de abundantes filamentos finos de vidrio con resinas, obteniendo una estructura fuerte permitiendo ser usado como refuerzo estructural. Esto se debe a que este tipo de fibras tienen la ventaja de ser maleables para así obtener una mayor resistencia en alguna dirección de preferencia (González, 2014).

2.9.1 Tipos de fibra de vidrio

Existen dos categorías de fibra de vidrio: fibras de vidrio de uso general y fibras de vidrio de uso especial.

2.9.1.1 Fibras de uso general Clase E

Son las más comunes en el mercado, estas fibras son aislantes eléctricos y se las usa como refuerzos en placas ya que posee buenas propiedades mecánicas. Se puede encontrar este tipo de fibras con diámetros que van desde los 9 a 15 micrómetros, y en el mercado se la obtiene en dos diferentes presentaciones: bidireccional y mats (fibras aleatorias) (González, 2014).

Para el presente trabajo de investigación se adquirirá mats de fibra de vidrio. Otro tipo de distinción entre las diferentes fibras de vidrio Clase E es dependiendo del contenido de boro. El porcentaje de óxido de boro que puede poseer las fibras de vidrio oscilan entre el 0 al 10%, mayor sea el porcentaje menos amigable al ambiente se convierte (Aguilar & Quezada , 2017).



Figura 2. 16 Mat de fibra de vidrio clase E.

Fuente: Orellana, 2019.

2.9.2 Características de las fibras de vidrio

La característica física más notable es su transparencia y fragilidad, pero la unión de las fibras de vidrio con la resina permite que su dureza aumente, teniendo una resistencia a la tracción de 3.45GPa, además posee una densidad relativa que oscila entre 2.54, siendo hasta 6 veces menor a la del acero, resultando favorable a la estructura ya que la carga muerta reduce y posee un módulo de rigidez de 72.5 GPa (González, 2014).

2.9.3 Ventajas y desventajas

Las principales ventajas que existen al momento de trabajar con fibra de vidrio son:

Tabla V. Ventajas y desventajas de la fibra de vidrio

Ventajas	Desventajas
Buen desempeño mecánico a esfuerzos de compresión, flexión, tracción y corte.	Ningún tipo de recuperación de los elementos una vez usados.
Es Maleable.	Materia compuesto no biodegradable.
Es Dieléctrico.	
Presenta buen aislamiento térmico.	
Bajo costo.	
No influyen agentes ambientales sobre este material.	

Fuente: Chuya & Ayala, 2018

3. CAPÍTULO III

Metodología

3.1 Métodos de investigación

El presente trabajo que tiene como objeto de estudio el bloque de adobe para determinar la resistencia mecánica a compresión y flexión de adobe reforzado con fibras de vidrio estabilizado con cal, para luego, comparar con el adobe tradicional de la parroquia San Antonio de Cumbe, contiene los siguientes métodos de investigación: analítica, bibliográfica, campo y laboratorio.

3.1.1 Investigación analítica

Se basa en la fundamentación teórica del objeto de estudio que se va a estudiar, así como también los elementos adicionales que son referentes al tema de investigación (Castillero, 2017). En el presente trabajo, la investigación analítica se encuentra en el capítulo 2 y hace referencia a las definiciones, características y procesos de elaboración de: adobe, cal, refuerzos para los bloques, fibra de vidrio. A esto se suma también las compilaciones de resultados de los bloques en cuanto a compresión y flexión.

3.1.2 Investigación bibliográfica

Este tipo de investigación proporciona información de forma sistemática de investigaciones realizadas. La información se la obtiene a través de medios como libros, revistas, sitios web, etcétera (Mora, 2014). Para el presente trabajo, la investigación bibliográfica se encuentra en los capítulos 1, 2 y 3 puesto que se ha hecho uso de libros, tesis, y sitios web para conseguir información relevante al tema.

3.1.3 Investigación de campo

Este tipo de investigación se realiza en el lugar donde se encuentra el objeto o fenómeno a estudiar (Sierra, 2014). La recopilación de información de los bloques de adobe tradicionales se llevó a cabo directamente en la

parroquia San Antonio de Cumbe. Para lo cual se solicitó permiso al señor Jaime González dueño de la única adobera tradicional de esta parroquia para observar la materia prima y el proceso de fabricación de los bloques de adobe, así como también la selección de muestras de bloques de adobe. También se recorrió la zona de donde se extrae la tierra para elaborar la mezcla de adobe.

3.1.4 Investigación de laboratorio

Este tipo de investigación consiste en realizar experimentos en laboratorio para el análisis de cierto objeto a estudiar en donde el investigador reúne todas las condiciones necesarias para obtener información, y a su vez manipular algunas variables (UNAM, 2014). Para el presente trabajo se hizo uso del laboratorio de ingeniería de la UEES para realizar el análisis de la tierra usada como mezcla para la elaboración de adobe en la parroquia San Antonio de Cumbe, y realizar ensayos de granulometría, sifonado, prueba Proctor y límites de Atterberg.

3.2 Desarrollo

Una vez conseguida la materia prima (tierra) del sitio de estudio previo a la elaboración de los bloques de adobe, se procedió a llevarla al laboratorio para realizar los siguientes ensayos en el siguiente orden:

- Granulometría
- Sifoneado
- Prueba Proctor
- Límites de Atterberg

Con estos ensayos se puede determinar el tipo de suelo, porcentajes de finos y humedad óptima del material que se extrajo del sector de estudio, y que en la actualidad se usa para la elaboración de bloques de adobes para las viviendas del

sector. A continuación, se detallará conceptos, equipos a usar y el procedimiento empleado en cada uno de ellos.

3.3 Ensayos de laboratorio

3.3.1 Granulometría

Un agregado o formación sedimentaria se compone por la distribución de los diversos tamaños de las partículas. Por medio del ensayo granulométrico se puede medir los granos que componen a un agregado con una escala granulométrica, y a su vez obtener el cálculo de la cantidad correspondiente de cada uno de los granos. Esto permite realizar análisis del origen y propiedades mecánicas de la formación sedimentaria (Villela, 2016).

Entre los equipos que se emplean para este ensayo se encuentran: balanza digital, tamizador, tamices, recipiente – bandeja.



Figura 3. 1 Balanza digital

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 2 Tamices

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 3 Tamizador

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 4 Recipiente

Fuente: Orellana, 2019.

Una vez mencionado los equipos a usar para esta prueba, se procederá con la metodología.

Del material sitio se cogió una muestra en el recipiente azul para luego ser pesada en la balanza digital, el peso de la muestra que marcó la balanza digital fue de 2700g. Luego, como se indica en la figura 3.5 los tamices fueron colocados en el siguiente orden:

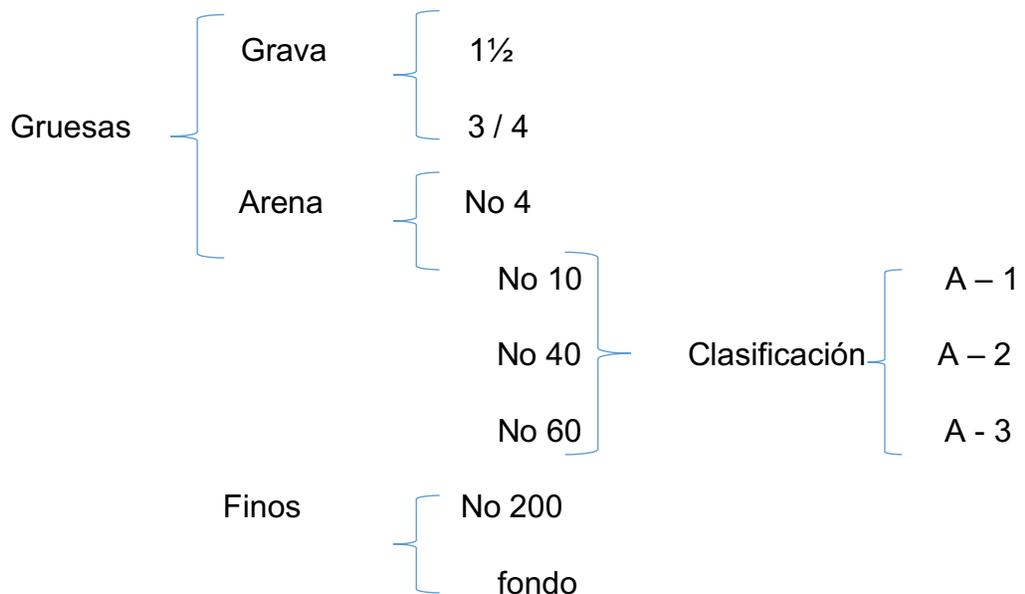


Figura 3. 5 Orden de los tamices

Fuente: Orellana, 2019.

Luego una vez colocados los tamices en el orden antes mencionado, se colocó los 2700 g de muestra dentro del primer tamiz y se tapó, para su inmediata colocación en el tamizador (figura 3.3). El tiempo de espera fue de 25 minutos en la etapa del tamizador, para luego el respectivo peso por tamiz. Con este proceso sabremos si el material predominante es fino.

3.3.2 Sifoneado

El sifonado es un ensayo que permite cuantificar el porcentaje de las partículas de limo, arcilla y otros agregados que forman parte de una formación sedimentaria. Para lo cual se hace uso de equipo hidráulico denominado sifón que tiene forma de U invertida en donde uno de sus extremos es más grande que el otro. Este equipo tiene como objetivo trasvasar un fluido de un recipiente a otro (Rivera, 2015).

Este ensayo tiene como principio la ley de Stokes ya que calcula la velocidad con la que cae una partícula en un medio viscoso en función de su diámetro y peso específico para posteriormente determinar el porcentaje de las respectivas partículas presentes en la formación sedimentaria (Mendoza, 2016).

Entre los equipos y materiales a usarse se tienen los siguientes: Vaso precipitado de 1000 ml, balanza, cilindro graduado, tamices No 10 al No 200, 2 gr. de tripolifosfato de sodio en 100 ml de agua, sifón, horno, 200 ml de agua.

Como procedimiento de este ensayo en laboratorio se procede a usar un cedazo número 200 que presenta una distancia de 0.074 mm como separación entre cada hilo que lo conforman, lo cual permite el paso de partículas como arcilla, limo, y ciertas proporciones de arena fina. Sin embargo, esto no permite indicar la cantidad las partículas presentes en la formación sedimentaria. Posteriormente, se procede a usar el sifón que está fabricado de cristal, contiene un tubo que contiene una escala

numerada y además un bulbo que contiene un lastre, para medir las velocidades de sedimentación de las partículas esféricas dentro de un fluido. Este equipo a su vez actúa como densímetro con una escala capaz de medir los granos de la formación sedimentaria en suspensión.

3.3.3 Prueba Proctor

La prueba Proctor permite determinar la relación entre la humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado. Además, cabe mencionar que esta prueba fue realizada por el método A Standard.

Tabla VI. Características del método A Standard

Método	A
Material	Pasa tamiz No. 4
Molde usado	4"
Número de capas	3
Número golpes/capa	25
Energía de compactación (lb- pie/pie ³)	12375

Fuente: Mecánica de suelos y asfalto,

Esta prueba se la dividió en dos segmentos, el primer segmento fue con la tierra en estado natural, y el segundo segmento fue la tierra con un porcentaje adecuado para la del 2% de cal (Usedo, 2015).

Como equipos a usar en esta prueba se tienen: molde 4 pulgadas, material pasante del tamiz No 4 (2500g), pisón (5,5lbs), bandeja y recipiente para muestra.

Procedimiento: Como se mencionó antes, para la prueba proctor se la realizará con los pasos a seguir del Método A Standard, el cual indica que

el material del sitio de estudio deberá pasar por el tamiz No 4 y el pasante pesará 2500 gr. Una vez obtenido dicho material, se procede a colocar por capas en el molde de 4 pulgadas, el cual tendrá 3 capas y por cada capa se darán 25 golpes con el pisón de 5,5 lb.

Para el primer segmento que fue la tierra en estado natural sin la adición de la cal, se trabajó el proceso antes mencionado para 5 situaciones: tierra en estado natural; adición de 50 ml, 110ml, 150 ml, y 200 ml de agua respectivamente en ese orden. Para cada situación, una vez finalizada el proceso, se tomaron lecturas de los pesos de las muestras y se extrajo una pequeña muestra la cual así misma fue pesada al extraerla y luego se la colocó en el horno a una temperatura de 100 grados centígrados por el lapso de 24 horas.

Para el segundo segmento se agrega cal en un 2% respecto al peso de la tierra (2500 gr), en esta ocasión se tomaron 4 situaciones de adición de agua: 80 ml, 160 ml, 240 ml y 280ml. Así mismo para este segmento se repitió el procedimiento antes mencionado para cada situación de adición de agua.



Figura 3. 6 Tamiz N4

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 7 Recipiente

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 8 Balanza

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 9 Pisón 5.5lbs

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 10 Recipiente para muestra

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 11 Molde 4 pulgadas

Fuente: Orellana, 2019.

3.4 Proceso de elaboración de las muestras de adobe

Como ya se mencionó anteriormente en el punto 2.4, se realizarán dos ensayos al adobe, prueba a compresión y flexión.

3.4.1 Elaboración de Ensayos a compresión

Se usaron moldes metálicos con 0.10 m de arista y con 6 muestras ensayadas, tal como lo indica la norma peruana E.080, además se requirió del uso de un pisón de 5.5 lbs pero no circular como el que se usó para la prueba proctor.

Para poder darle una buena compactación al material en el molde se tuvo que trabajar con la fórmula de la energía de compactación de la prueba proctor estándar método A (mencionada antes en el punto ...), de la cual se despeja el número de capas a compactar en este molde. Se mantuvo el mismo número de golpes, misma energía de compactación, misma altura de caída y peso del pisón.

Fórmula:

$$Ec = \frac{W*h*N*n}{V} \quad (1)$$

Donde:

Ec = Energía de compactación

W = Peso del martillo

h = altura de caída del martillo

N= número de capas

n = número de golpes por capa

V= Volumen del mode

A partir de la ecuación (1) de energía de compactación, se tienen los siguientes datos:

- $E_c = 12.375 \text{ lb-pie/ pie}^3$;
- $W = 5,5 \text{ lb}$;
- $h = 12 \text{ pulgadas}$;
- $N = ?$;
- $n = 25$;
- $V = 1000 \text{ cm}^3$

Desarrollo:

$$12.375 \frac{\text{lb} - \text{pie}}{\text{pie}^3} = \frac{(5,5 \text{ lb}) * (1 \text{ pie}) * N * (25)}{0,0353 \text{ pie}^3}$$

$$N = 3 \text{ capas}$$

Una vez determinado el número de capas se procede a la elaboración de la muestra que será usada en el ensayo a compresión. Se elaboraron 6 muestras para cada porcentaje de fibra de vidrio y cal.

Como equipo a usar, se tienen los siguientes:

- pisón cuadrado (5,5lb),
- balanza digital,
- bandeja azul,
- pírex,
- vaso para pesar cal.



Figura 3. 12 Pisón 5,5 lbs

Fuente: Orellana, 2019.

Entre los materiales a usarse, se tienen los siguientes:

- tierra pasante del tamiz N 4 (2500 gr),
- cal al 2% (50 gr) y cal 4% (100 gr),
- agua (225 ml)
- fibra de vidrio (0.10 %, 0.15% y 0.20 %)

Procedimiento: Se procedió a pesar los materiales a usar, con las cantidades antes señaladas. Luego, se procede a colocar la tierra y esparcirla en una platea con la cal y la fibra (cortada y desilachada) encima, posteriormente para realizar el mezclado en seco.



Figura 3. 13 Mezclado en seco tierra y cal

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 14 Mezcla en seco con fibra de vidrio

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 15 mezclado en seco tierra, cal y fibra de vidrio

Fuente: Orellana, 2019.

Luego una vez realizado el mezclado en seco, se procede a colocar la cantidad de agua que se obtuvo de la prueba proctor, se trata de que toda la cantidad de agua se esparcida sobre todo el material mientras a su vez se va realizando la mezcla con las manos.



Figura 3. 16 Adherencia de agua a la mezcla

Fuente: Orellana, 2019.

Una vez lista la mezcla, se la coloca en el molde, recordando que serán 3 capas que serán compactadas una por una.



Figura 3. 17 Primera capa para compactación de bloque 10x10 cm

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 18 Segunda capa para compactación de bloque de 10x10 cm

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 19 Tercera capa para compactación de bloque de 10x10 cm

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 20 Compactación

Fuente: Orellana, 2019.

Este proceso será repetitivo para todas las situaciones (porcentajes cal – porcentajes fibra).

Ciertamente habrá que tener especial cuidado al momento de desmoldar la muestra, para que no se vea afectada.



Figura 3. 21 Bloques 10x10 cm de adobe con cal y fibra de vidrio.

Fuente: Orellana, 2019.



Figura 3. 22 Bloques de adobe con cal y fibra de vidrio (0.10%, 0,15% y 0,20%)

Fuente: Orellana, 2019.

3.4.2 Elaboración de Ensayos a flexión

Para este ensayo de la misma forma que para el ensayo de compresión ya mencionado, habrá que remitirnos nuevamente a la fórmula de energía de compactación de la prueba proctor estándar método A, para posteriormente, poder despejar el número de capas a compactar en este nuevo molde. El nuevo molde tendrá las siguientes medidas: largo= 28,5 cm, ancho= 9 cm y alto= 10 cm.

La ecuación que se empleará en este ensayo es la misma ecuación de energía de compactación que se usó en el ensayo por compresión.

$$E_c = \frac{W * h * N * n}{V} \quad (2)$$

Dónde:

Ec= energía de compactación;

W= peso pisón;

h= altura de caída pisón;

N= número de capas;

n= número de golpes;

V= volumen del molde a usar

Como datos para el actual ensayo se tiene:

- $E_c = 12375 \text{ lb-pie} / \text{pie}^3$;
- $W = 5,5 \text{ lb}$;
- $h = 12 \text{ pulgadas}$;
- $N = ?$;
- $n = 25$;
- $V = 2565 \text{ cm}^3$

Desarrollo:

$$12.375 \frac{\text{lb} - \text{pie}}{\text{pie}^3} = \frac{(5,5 \text{ lb}) * (1 \text{ pie}) * N * (25)}{0,0905 \text{ pie}^3}$$

$$N = 8 \text{ capas}$$

Una vez determinado el número de capas se procede a la elaboración de la muestra que será usada en el ensayo a flexión. Se elaboraron 2 muestras para cada porcentaje de fibra de vidrio y cal.

Equipo a usar: pisón rectangular (5,5lb), balanza digital, bandeja azul, pírex, vaso para pesar cal



Figura 3. 23 Pisón rectangular 5,5 lbs

Fuente: Orellana, 2019.

Material a usar: las cantidades para todos los materiales será el doble del que se usó para el ensayo a compresión.

- Tierra pasante del tamiz N 4 (500 gr),
- cal 2% y cal 4%,
- agua (225ml)
- fibra de vidrio (0.10 %, 0.15% y 0.20 %)

4. CAPÍTULO IV

ANÁLISIS

4.1 Análisis previos

A continuación, estableceremos los resultados obtenidos de los procesos mencionados en el capítulo 3, con el respectivo orden que su fueron dando durante el desarrollo de esta investigación. Todos estos resultados fueron obtenidos previamente a la elaboración de las muestras de adobe ensayadas a compresión y flexión.

➤ Granulometría

Tabla VII. Resultados del tamizaje

Tamiz	Diámetro	Peso parcial	porcentaje retenido	porcentaje acumulado	Porcentaje que pasa
1 1-2	37,50	0	0%	0%	100%
3/4	19	0	0%	0%	100%
N4	4,75	560,3	20%	20%	80%
N10	2	530,7	19%	40%	60%
N40	0,425	1180,5	43%	83%	17%
N60	0,25	161,7	6%	88%	12%
N200	0,075	161	6%	94%	6%
Fondo		155,8	6%	100%	0%
		2750	100%		

Fuente: Orellana, 2019.

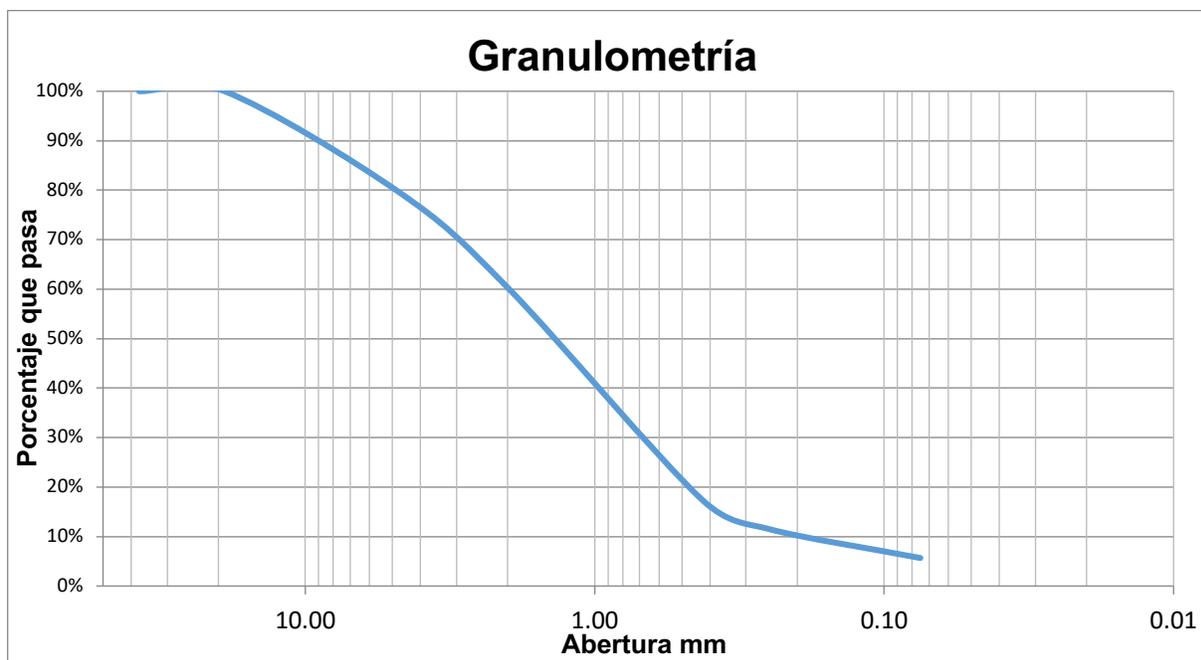


Figura 4. 1 Curva granulométrica del material del sitio de estudio

Fuente: Orellana, 2019.

➤ **Sifoneado**

Tabla VIII. Resultados del sifoneado

Tamiz	Peso parcial, gr	% Retenido	Material
Nº 10	0	0	Gravilla
Nº 60	35	35	Arena gruesa
Nº 200	11.7	11.7	Arena fina
Fondo	6	6	Limo
Total	52.7		

Fuente: Orellana, 2019.

Peso Sifoneado = $P_i - P_f$

Total de finos = $P_{\text{fondo}} + P_{\text{sifoneado}}$

- $100 - 52.7 = 47.3 \text{ gr} \rightarrow$ Sifoneado
- $6 + 47.3 = 53.3 \rightarrow$ Total de finos

Con los resultados obtenidos de este proceso podemos concluir lo siguiente:

- Peso de Arena gruesa igual a 0
- Peso de Arena fina igual a 11.7
- Peso de limo igual a 6
- El peso sifoneado igual a 47.3 correspondiente a un material arcilla
- El total de finos igual a 53.3

➤ **Límites de Atterberg**

Tabla IX. Resultados Límite Líquido

Límite Líquido				
Tipo				
WH +R	22,1	19,5	20,5	19,9
WS+R	19,2	17,5	19,3	18
WW	2,9	2	1,2	1,9
R	11,4	11,4	11,4	11,4
WS	7,8	6,1	7,9	6,6
% W	37,18	32,79	15,19	28,79
	14	20	38	24

Fuente: Orellana, 2019

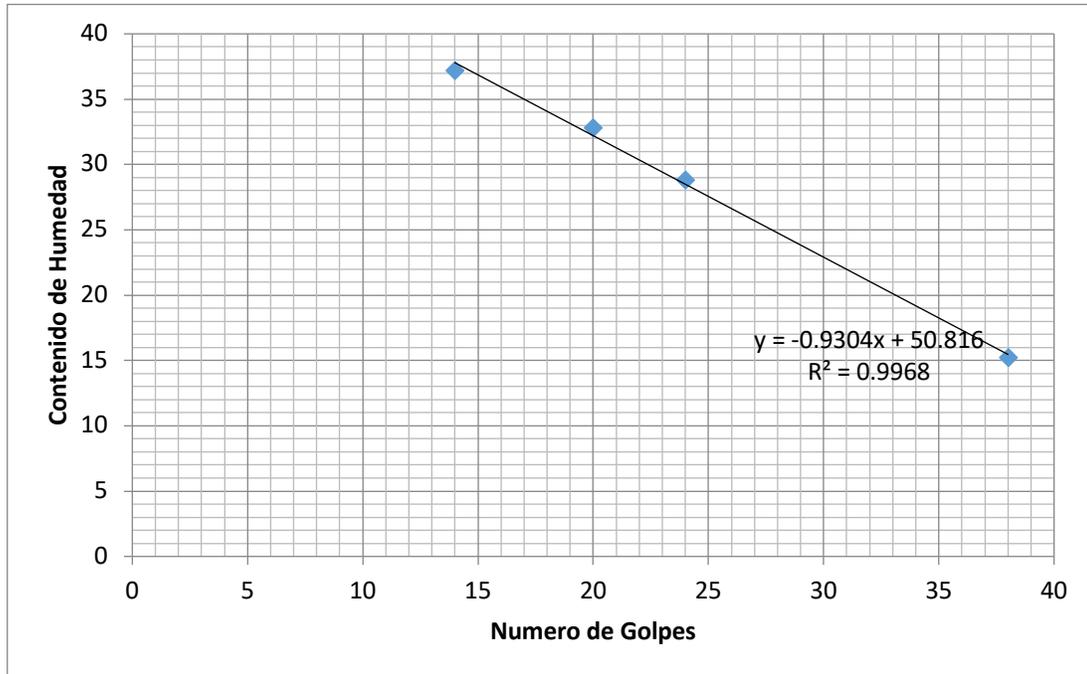


Figura 4. 2 Curva límite líquido

Fuente: Orellana, 2019

Tabla X. Resultados Límite Plástico

LÍMITE PLÁSTICO			
WH +R	16,6	17,7	18,3
WS+R	16,2	17,3	17,8
WW	0,4	0,4	0,5
R	11,1	10,95	10,95
WS	5,1	6,35	6,85
% W	7,84	6,30	7,30

WL =	27,6
WP	7,1
IP =	20,4

Fuente: Orellana, 2019

Con los resultados obtenidos del límite líquido y límite plástico, además del índice plástico procedemos a ubicarnos en la carta de plasticidad y así poder culminar la clasificación de una manera idónea del material.

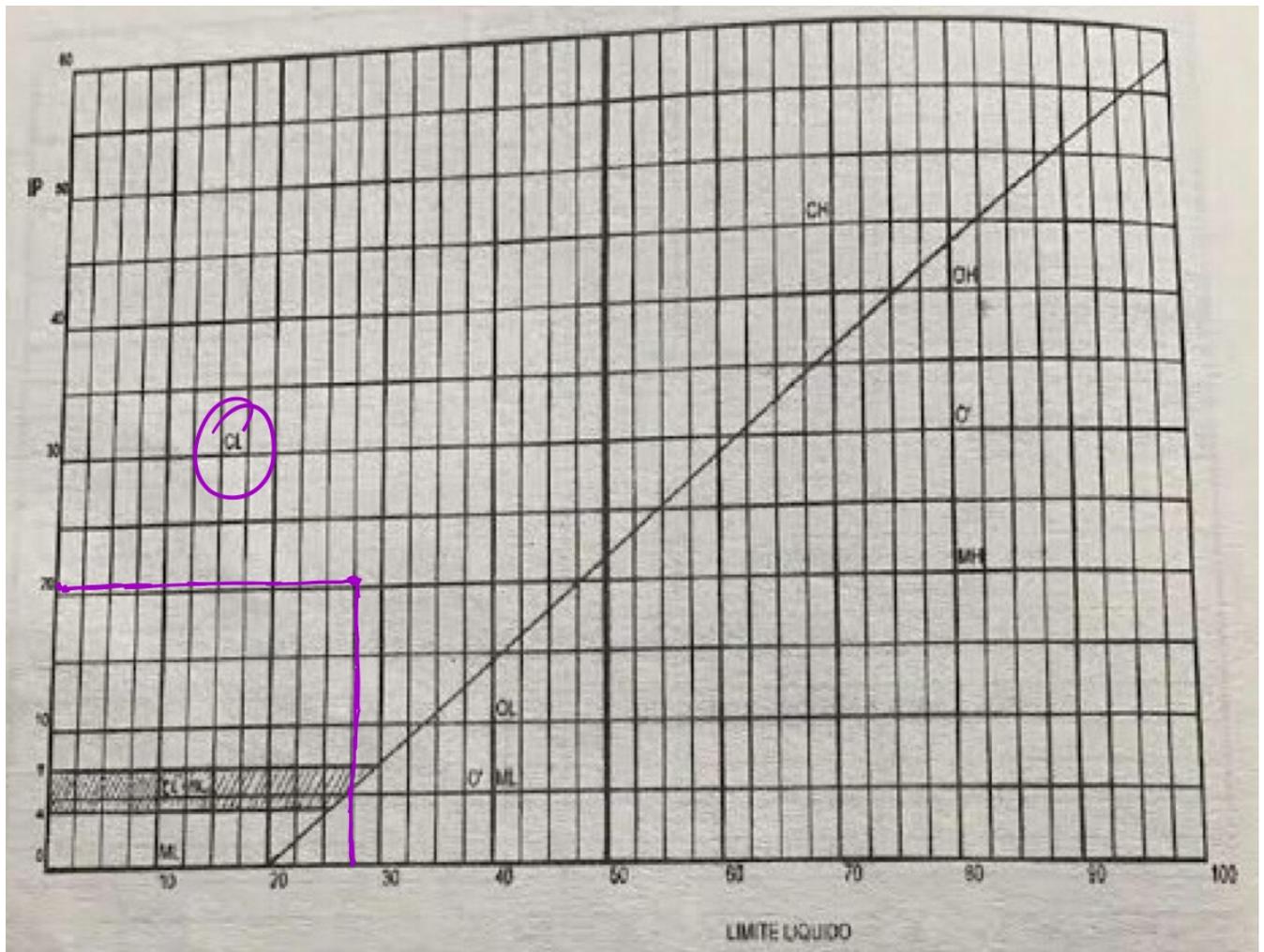


Figura 4. 3 Carta de Plasticidad

Fuente: Orellana, 2019

El resultado obtenido de la carta de plasticidad es:

CL (arcilla de baja plasticidad)

➤ Prueba Proctor con cal 2%

Tabla XI. Resultados prueba proctor con cal 2%

PRUEBA PROCTOR	Vol.cil.		0,0009 m3								
	Peso cil		1,954 Kg		k/m3						
AGUA,cm3	Wh+r	Ws+r	r	Ww	Ws	w %	W +cil.	W	1 + w/100	Ws	Dens. seca
80	21,6	20,5	11,4	1,1	9,1	12,09	3,539	1,585	1,121	1,414	1565,603
160	22,4	21	11,4	1,4	9,6	14,58	3,781	1,827	1,146	1,594	1765,340
240	27,1	24,7	11,4	2,4	13,3	18,05	3,864	1,910	1,180	1,618	1791,417
280	26,1	23,7	11,4	2,4	12,3	19,51	3,831	1,877	1,195	1,571	1738,855

Fuente: Orellana, 2019

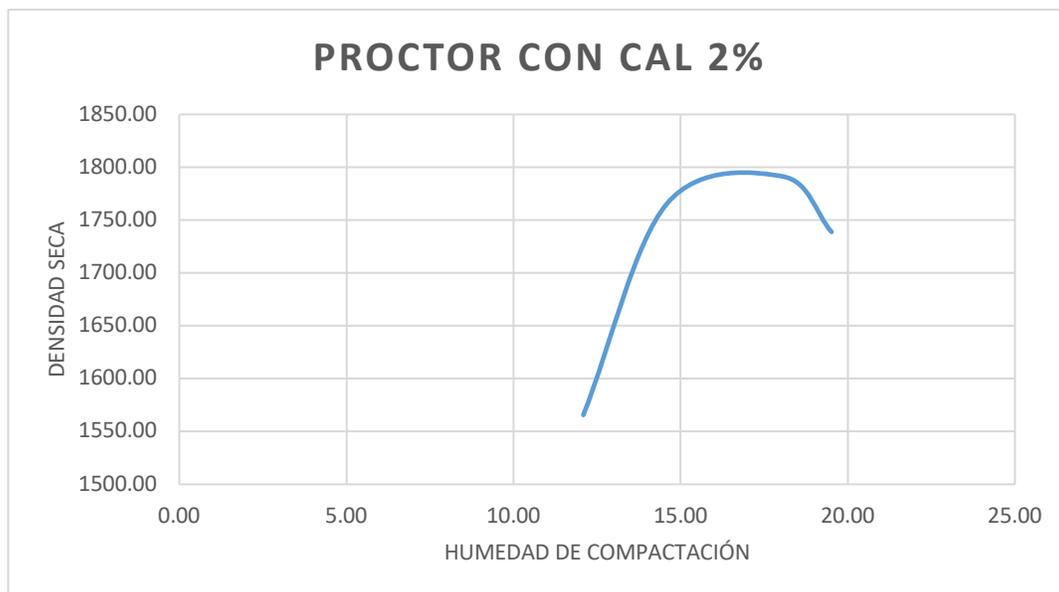


Figura 4. 4 Curva Proctor con cal 2%

Fuente: Orellana, 2019

Interpretando la gráfica de arriba, obtenemos lo siguiente:

DSMAX = 1795

HUMEDAD = 17%

El porcentaje de humedad óptimo para el presente material, con el cual alcanzará su mayor densidad será con el 17%, equivalente a 225 ml de agua, cantidad con la cual se trabajó para realizar los bloques de adobe con cal y las diferentes proporciones de fibra de vidrio.

4.2 Resultados de ensayos a compresión y flexión

1. Ensayo a compresión de muestras con adobe tradicional.

Tabla XI. Ensayo a compresión de muestras con adobe tradicional

Adobe tradicional	Días	Área (cm ²)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
1	60	100	640	6.4
2	60	100	640	6.4
3	60	100	610	6.1
4	60	100	450	4.5
5	60	100	530	5.3
6	60	100	720	7.2
PROMEDIO				6.0

Fuente: Orellana, 2019

2. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal.

Tabla XII. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal.

Adobe con 2% de cal	Días	Área (cm ²)	Carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
1	30	100	770	7.7
2	30	100	690	6.9
3	30	100	420	4.2
4	30	100	940	9.4
5	30	100	550	5.5
6	30	100	640	6.4
PROMEDIO				6.7

Fuente: Orellana, 2019

3. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.05% de fibra de vidrio.

Tabla XIII. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.05% de fibra de vidrio

Adobe con 2% cal y 0.05% fibra de vidrio	días	área (cm2)	carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm2)
1	30	100	530	5.3
2	30	100	640	6.4
3	30	100	380	3.8
4	30	100	520	5.2
5	30	100	470	4.7
6	30	100	520	5.2
PROMEDIO				5.1

Fuente: Orellana, 2019

4. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.10% de fibra de vidrio.

Tabla XIV. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.10% de fibra de vidrio

Adobe con 2% cal y 0.10% fibra de vidrio	días	área (cm2)	carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm2)
1	30	100	470	4.7
2	30	100	630	6.3
3	30	100	550	5.5
4	30	100	620	6.2
5	30	100	660	6.6
6	30	100	740	7.4
PROMEDIO				6.1

Fuente: Orellana, 2019

5. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.15% de fibra de vidrio.

Tabla XV. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.15% de fibra de vidrio

Adobe con 2% cal y 0.15% fibra de vidrio	días	área (cm2)	carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm2)
1	30	100	710	7.1
2	30	100	1040	10.4
3	30	100	810	8.1
4	30	100	890	8.9
5	30	100	960	9.6
6	30	100	660	6.6
			PROMEDIO	8.5

Fuente: Orellana, 2019

6. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 4% de cal.

Tabla XVI. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 4% de cal

Adobe con 4% cal	días	área (cm2)	carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm2)
1	30	100	480	4.8
2	30	100	630	6.3
3	30	100	480	4.8
4	30	100	550	5.5
5	30	100	570	5.7
6	30	100	220	2.2
			PROMEDIO	4.9

Fuente: Orellana, 2019

7. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 4% de cal y 0.10% de fibra de vidrio.

Tabla XVII. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 4% de cal y 0.10% de fibra de vidrio

Adobe con 4%cal y 0.10% fibra de vidrio	días	área (cm2)	carga (Kgf)	Esfuerzo (kgf/cm2)
1	30	100	480	4.8
2	30	100	520	5.2
3	30	100	690	6.9
4	30	100	360	3.6
PROMEDIO				3.4

Fuente: Orellana, 2019

8. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 4% de cal y 0.15% de fibra de vidrio.

Tabla XVIII. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 4% de cal y 0.15% de fibra de vidrio

Adobe con 4% cal y 0.15% fibra de vidrio	días	área de la muestra (cm2)	carga aplicada (Kgf)	Esfuerzo de falla (kgf/cm2)
1	30	100	590	5.9
2	30	100	810	8.1
3	30	100	660	6.6
4	30	100	680	6.8
5	30	100	1010	10.1
6	30	100	480	4.8
PROMEDIO				7.1

Fuente: Orellana, 2019

Con los ensayos realizados previamente se determina que el porcentaje de cal donde se obtienen los mejores resultados en cuanto a resistencia a compresión es del 2%

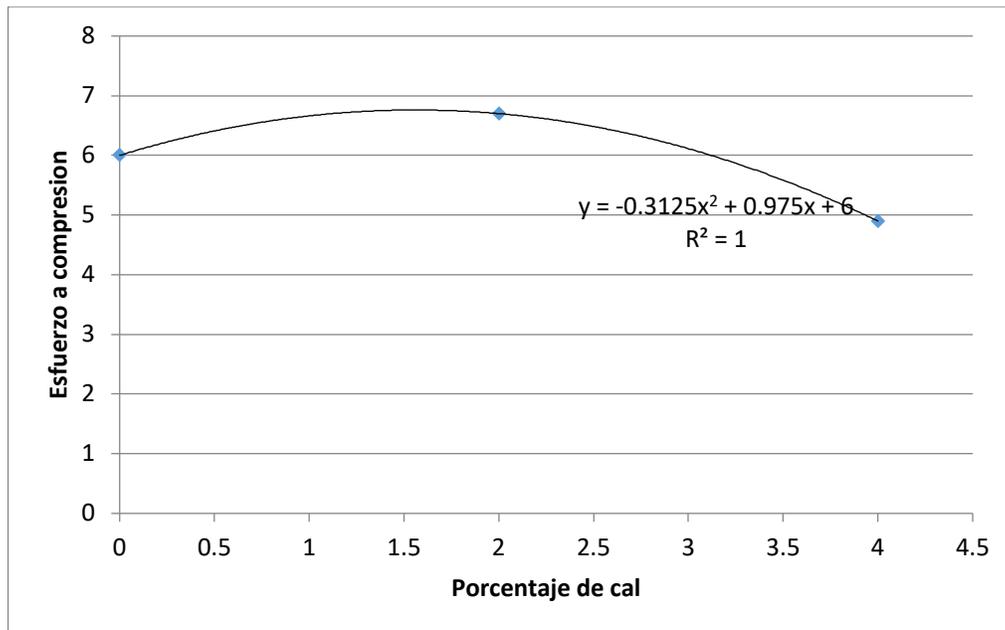


Figura 4. 5 Curva esfuerzo compresión vs porcentaje cal

Fuente: Orellana, 2019

9. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.10% de fibra de vidrio.

Tabla XIX. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.10% de fibra de vidrio

Adobe con 2% cal y 0.10% fibra de vidrio	Días	Masa	Densidad	Carga (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm ²)
1	35	1409	1.409	1020	10.2
2	35	1047	1.047	1030	10.3
3	35	1458	1.458	810	8.1
4	35	1467	1.467	1150	11.5
5	35	1487	1.487	1110	11.1
6	35	1512	1.512	1100	11
Promedio					10,4

Fuente: Orellana, 2019

10. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.15% de fibra de vidrio.

Tabla XX. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.15% de fibra de vidrio

Adobe con cal 2% y 0.15% fibra de vidrio	Días	Masa	Densidad	Carga (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
1	35	1504	1.5168	920	9,2
2	35	1513	1.5233	820	8,2
3	35	1520	1.5222	1080	10,8
4	35	1505	1.5043	960	9,6
5	35	1505	1.5065	560	5,6
PROMEDIO					8,68

Fuente: Orellana, 2019

11. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.20% de fibra de vidrio.

Tabla XXI. Ensayo a compresión de muestras de adobe con 2% de cal y 0.20% de fibra de vidrio

Adobe con 2% cal y 0.20% fibra de vidrio	Días	Masa	Densidad	Carga (kgf)	Esfuerzo (kgf/cm²)
1	35	1506	1.5065	350	3.5
2	35	1526	1.5266	440	4.4
3	35	1523	1.5234	630	6.3
4	35	1522	1.5222	380	3.8
5	35	1506	1.5062	770	7.7
6	35	1506	1.5066	820	8.2
PROMEDIO					5.65

Fuente: Orellana, 2019

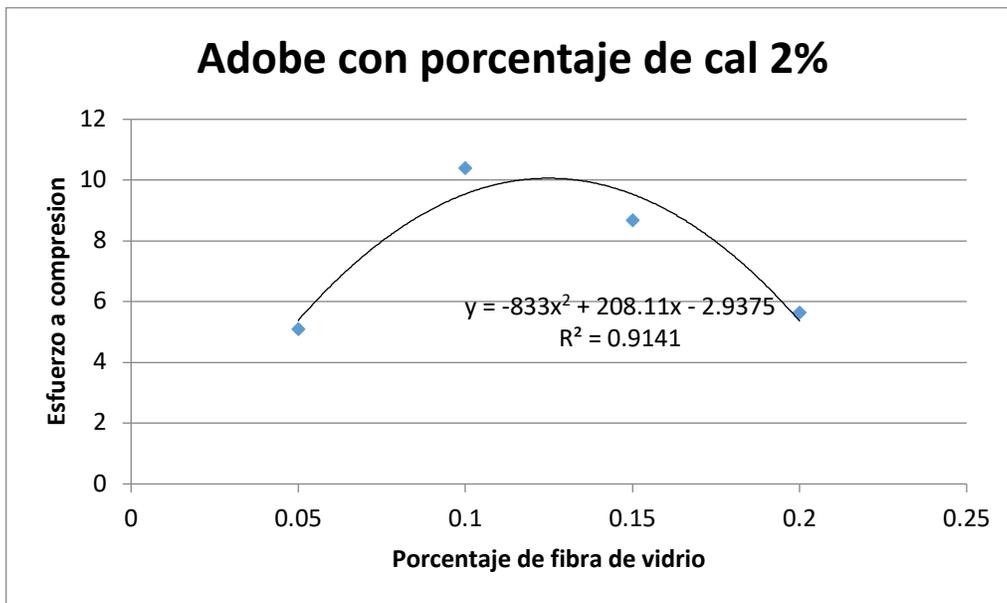


Figura 4. 6 Curva esfuerzo a compresión vs porcentaje de fibra de vidrio

Fuente: Orellana, 2019

Determinación del porcentaje óptimo de fibra de vidrio:

$$X = \frac{208.11}{2(833)} = 0,12 \%$$

12. Ensayo a flexión de muestras de adobe tradicional.

Tabla XXII. Ensayo a flexión de muestras de adobe tradicional

Adobe tradicional	Peso (g)	Días	Medida (cm)	densidad	Carga (N)	Esfuerzo (Mpa)
1	4785,5	90	29,5x10x10	1.62	170	3.23
2	4564,7	90	28x10,2x9,5	1.68	200	4.21
3	4606,5	90	30,5x10x10	1.51	250	4.75
4	4346,8	90	30x10x10	1.44	170	3.23
5	4665,6	90	29,5x10,2x10,2	1.52	200	3.81
6	4827,3	90	28,5x10x10	1.69	190	3.61
PROMEDIO						3,81

Fuente: Orellana, 2019

13. Ensayo a flexión de muestras de adobe con 2% cal y 0.10% fibra de vidrio.

Tabla XXIII. Ensayo a flexión de muestras de adobe con 2% cal y 0.10% fibra de vidrio

Adobe con cal 2% y 0.10% de fibra de vidrio	Peso (g)	Días	Medida (cm)	Densidad	Carga (N)	Esfuerzo (Mpa)
1	3812,7	30	(28,5x9x10)	1,48	40	0.88
2	3780,4	30	(28,5x9x11)	1,47	40	0.77
PROMEDIO						0.83

Fuente: Orellana, 2019

14. Ensayo a flexión de muestras de adobe con 2% cal y 0.15% fibra de vidrio.

Tabla XXIV. Ensayo a flexión de muestras de adobe con 2% cal y 0.15% fibra de vidrio

Adobe con 2% cal y 0.15% fibra de vidrio	Peso (g)	Días	Medida (cm)	Densidad	Carga (N)	Esfuerzo (Mpa)
1	3930,8	30	(28,5x9x10)	1,53	40	0.88
2	3947,9	30	(28,5x9x11)	1,54	40	0.77
PROMEDIO						0.83

Fuente: Orellana, 2019

15. Ensayo a flexión de muestras de adobe con 2% cal y 0.20% fibra de vidrio.

Tabla XXV. Ensayo a flexión de muestras de adobe con 2% cal y 0.20% fibra de vidrio

Adobe con 2% cal y 0.20% fibra de vidrio	Peso (g)	Dias	Medida (cm)	Densidad	Carga (N)	Esfuerzo (Mpa)
1	3863,4	30	(28,5x9x10)	1,50619883	40	0.88
2	3920,8	30	(28,5x9x11)	1,528576998	40	0.77
PROMEDIO						0.83

Fuente: Orellana, 2019

4.3 Uso del bloque (metodología constructiva)



Figura 4. 7 Vivienda de adobe tradicional del sitio de estudio

Fuente: Orellana, 2019

La metodología constructiva empleada para la edificación de viviendas con adobe tradicional como se puede apreciar en la figura 4.7, como primera impresión es que no cuenta con columnas en sus esquinas y a su vez son los mismos bloques de adobe tradicional que forman encuentros en las esquinas o también llamado “trabado”, mediante esta técnica es por la cual conectan los muros de sus viviendas. Para las viviendas de una sola planta, la altura máxima puede ser hasta 3 m. Por lo general, cuando se empieza a levantar el muro de adobe tradicional lo hacen por filas o hiladas 3 o 4 máximo, y esperan 8 – 10 días para que seque el barro que ellos usan para unir los bloques de adobe tradicional. La principal ventaja que va a tener el bloque presentado en esta investigación frente al tradicional es que es menos pesado y esto será positivo ya que disminuye el peso del muro y frente la acción a un sismo será menor el impacto.

4.4. Bloque propuesto en la presente investigación

Se propone un bloque de adobe con 2% cal y 0.12% fibra de vidrio de las siguientes medidas: 30 x 15 x 9 cm, cumpliendo con las medidas de dimensionamiento de la norma E.080 del Perú.



Figura 4. 8 Bloque propuesta de investigación

Fuente: Orellana, 2019

4.5. Costo de elaboración del adobe con 2% cal y 0.12% fibra de vidrio

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ID Rubro:	1	Unidad	U
Detalle:	Bloque de adobe con 2%cal y 0.12% fibra de vidrio		
Rendimiento:	14	0,071	Horas/U

EQUIPOS						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
Herramientas menores		-	-	-	0,0123	
		-	-	-	-	
SUBTOTAL EQUIPOS (EQ.)					0,0123	
MANO DE OBRA						
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORNAL/HR	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
EO D2	1,0000	3,4500	3,4500	0,0714	0,2464	
		-	-	-	-	
SUBTOTAL MANO DE OBRA (MO)					0,2464	
MATERIALES						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	COSTO		
Cal	saco	0,0650	5,5000	0,3575		
agua	m3	0,0050	2,0000	0,01		
tierra	saco	0,0660	0,1000	0,0066		
Fibra de vidrio	mat	0,0500	6,5000	0,325		
SUBTOTAL MATERIALES (MA.)					0,6991	
TRANSPORTE						
DESCRIPCIÓN	DMT	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
		-		-	-	
SUBTOTAL TRANSPORTE (TR.)					-	
GASTOS GENERALES(GG)					6,00% x (CD)	0,0575
UTILIDAD (UT)					4,00% x (CD)	0,0383
OTROS INDIRECTOS (OI)					10,00% x (CD)	0,0958
COSTO TOTAL DEL RUBRO				GG+UT+OI+CD	1,1494	
VALOR OFERTADO					1,15	

Para un m2 de pared, considerando lo que se mencionó el punto 2.6 para un muro sin refuerzo horizontal ni vertical, la cantidad de mortero oscila entre 5 – 20 mm, para nuestro cálculo se consideró 20mm entonces: Se tiene que el bloque propuesta tiene 30 cm de largo y 9 cm de alto considerando el mortero tendremos: 0,31 x 0,10 metros, multiplicando obtenemos: 0,031 m2, entonces para saber cuántos bloques se necesitan para un m2, dividimos 1 m2 entre 0,031 m2 y obtenemos que es 32,25 bloques, lo redondeamos a 33 bloques, en costo será 33 x 1,15 que nos da un valor de \$37,95 por m2 de muro.

5 CAPÍTULO V

Conclusiones y Recomendaciones

Posterior a los procedimientos realizados y al respectivo análisis de los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente:

- El material extraído del sitio de estudio resulto ser una arcilla de baja plasticidad (CL).
- La humedad óptima del material con la adición del 2% de cal respecto del suelo fue del 17%, la cual en cantidad de agua representa a 250 ml, con esto el material alcanzará su densidad máxima de compactación.
- En cuanto la cantidad idónea de cal, que fue usado como estabilizante en el presente trabajo de investigación fue del 2% respecto al peso del suelo. Con esta proporción se lograron mejores resultados en comparación con los resultados obtenidos del grupo en el que se empleó 4% de cal respecto al peso del suelo en los ensayos a compresión.
- Con respecto al porcentaje de fibra de vidrio, en el ensayo a compresión se cumplió con el esfuerzo mínimo requerido de acuerdo a la norma E 080 del Perú la cual es mencionada en la NEC 15 empleando el valor de 0.10% de este material. A pesar de ello, en el análisis de estos datos se refleja en la figura 4.6 que el porcentaje óptimo sería de 0.12%.
- Se mejoró en un 87% la resistencia en comparación del adobe del sitio de estudio.
- Se notó que un porcentaje de fibra de vidrio mayor al óptimo no fue beneficioso, repercutió de manera negativa a la mezcla y fue notorio en cuanto a los resultados de ensayo a compresión.

Recomendaciones:

- Como el material del sitio en su mayoría es arcilla, se recomienda al señor Jaime González que se debe buscar otro sitio para la extracción del material.
- En cuanto a la fibra de vidrio, es ventajoso si al colocarla en la mezcla en seco previamente fue cortada sin dejar fibras largas mayor a 10 cm.

- Durante el proceso de compactación se debe tener especial cuidado al contar el número de golpes por cada capa, y se recomienda que el mazo alcance las esquinas al momento de compactar para que la compactación sea homogénea.
- En cuanto a los moldes se recomienda que sean de madera, debido a que con los moldes metálicos se dificulta el desmoldaje.
- Durante el proceso de secado, se recomienda que sea en un lugar limpio y bajo techo, para que los bloques no queden expuestos de manera directa al sol o a la lluvia ya que podría repercutir de manera negativa en el material.

Bibliografía

- Aguilar , E., & Quezada , R. (2017). *Caracterización física y mecánica del adobe en el cantón Cuenca*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/28143>
- Bondet, M., Garcia , G., Brzev, S., & Rubiños, Á. (April de 2011). *Earthquake-Resistant Construction of Adobe Buildings: A Tutorial*. Obtenido de World Housing Encyclopedia: http://www.world-housing.net/wp-content/uploads/2011/06/Adobe_Tutorial.pdf
- Bonilla, D., & Merino, J. (mayo de 2017). *Estudio de las propiedades físicas de la caña guadúa y su aplicación como refuerzo en la construcción de estructuras de adobe*. Obtenido de Biblioteca digital Escuela Politécnica Nacional: bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17267/3/CD-7772.pdf
- Cáceres, K. (2017). Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas-económicas en Cajamarca. *Análisis de la resistencia mecánica del adobe estabilizado con cal y compactado para construcciones ecológicas-económicas en Cajamarca*. Cajamarca, Perú.
- Cárdenas Martín, M. (1998). Cultura Lima: El adobe como material de construcción . Pág. # 134.
- Castillero, O. (agosto de 2017). *Los 15 tipos de investigación (y características)*. Obtenido de Psicología y Mente: <https://psicologiamente.com/miscelanea/tipos-de-investigacion>
- Chuya, E., & Ayala, M. (2018). *Comparación de parámetros mecánicos y físicos del adobe tradicional con adobe reforzado con fibra de vidrio*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/30095>
- de la Peña Estrada, D. (1997). *Adobe, características y sus principales usos en la construcción*. México D.F. Obtenido de https://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/De_la_Pena_Estrada_Diego_44659.pdf
- De la Peña Estrada, D. (11 de diciembre de 1997). *Adobe, características y sus principales usos en la construcción*. Recuperado el 11 de junio de 2018, de Infonavit: https://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/De_la_Pena_Estrada_Diego_44659.pdf
- Díaz, A. (2 de mayo de 2016). *¿Cómo hacer ladrillos de adobe?* Obtenido de Eudomus: <https://eudomus.com/como-hacer-ladrillos-de-adobe/>
- GAD SAN ANTONIO DE CUMBE. (2017). *Datos Geográficos*. Obtenido de San Antonio de Cumbe: <http://www.sanantoniodecumbe.gob.ec/index.php/ct-menu-item-15/ct-menu-item-25>
- Geoinvestigación. (septiembre de 2017). *Breve descripción Geológica*. Obtenido de Geoinvestigación: http://www.geoinvestigacion.gob.ec/wp-content/uploads/2017/09/SARAGURO_50K_2017.pdf
- Gómez, J. (noviembre de 2018). Construcciones de viviendas con adobe tradicional en la parroquia San Antonio de Cumbe. (P. Orellana, Entrevistador)

- González, M. (Octubre de 2014). Optimización de las propiedades mecánicas de composites de resina poliéster reforzados con fibras de vidrio y cargas de carbonato de calcio. *Optimización de las propiedades mecánicas de composites de resina poliéster reforzados con fibras de vidrio y cargas de carbonato de calcio*. Nuevo León, México.
- Graham, P. (2008). *ADOBE Cómo construir fácilmente*. Trillas.
- Grupo Calidra. (26 de septiembre de 2016). *Uso de la Cal en la Construcción*. Obtenido de Anfacal : http://anfagal.org/media/Biblioteca_Digital/Construccion/Mezclas_Repellados_y_Stuccos/La_cal_en_la_construccion_2.pdf
- Hernández, J. (15 de noviembre de 2012). *Proceso de Producción*. Obtenido de Tecno Adobe: <https://sites.google.com/site/tecnoadobeitq/proceso-de-produccion>
- Hungerbuhler, D., Steinmann, M., Winkler, W., Seward, D., Eguez, A., Peterson, D., . . . Helg, U. (11 de junio de 2001). *Neogene stratigraphy and Andean geodynamics of southern Ecuador*. doi:10.1016/S0012-8252(01)00071-X
- INEC . (2010). *Población económicamente activa de 15 años y más y distribución relativa, según provincia*. Obtenido de Ecuador en Cifras: www.ecuadorencifras.gob.ec/.../web-inec/.../21_pea_ocu_desocu_15%20años.xlsx
- INEC. (2010). *censo de población y vivienda*. Obtenido de <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010&MAIN=WebServerMain.inl>
- INEC. (2010). *Censo de población y vivienda*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadísticas y Censo: <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction?&MODE=MAIN&BASE=CPV2010&MAIN=WebServerMain.inl>
- INEC. (2010). *Población por sexo, según provincia, parroquia y cantón de empadronamiento*. Obtenido de Ecuador en Cifras: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/plugins/download-monitor/download.php?id=322&force=0>
- Jirón, T. (2015). “*CONSTRUIR UN OBJETO DE APRENDIZAJE MULTIIDIOMA CON LA HERRAMIENTA DE AUTOR EXELEARNING, DE LOS HECHOS HISTÓRICOS, GEOGRÁFICOS Y EDUCATIVOS DEL CANTÓN SARAGURO DE LA PROVINCIA DE LOJA DE LA REGIÓN SUR DEL ECUADOR, AÑO 2015*”. Obtenido de Universidad Nacional de Loja: <http://cie.unl.edu.ec/~jftivan/es/index.html>
- Jumbo Merino, Y. (octubre de 2012). *Mapa de zonificación geotécnica de la hoya de Loja*. Obtenido de Universidad Técnica Particular de Loja: http://www.dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/4279/3/Jumbo_Merino_Yan_Manuel.pdf
- Kircher, F. (17 de 03 de 2018). Obtenido de <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=4031137>">Enlace
- Mendoza, D. (13 de noviembre de 2016). *Método del Sifonado*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/330945082/Metodo-Del-Sifonado>

- Ministerio de Desarrollo Urbano y de Vivienda. (2015). Norma Ecuatoriana de Construcción. *Norma Ecuatoriana de Construcción*. Ecuador.
- Ministerio de Vivienda Control y Saneamiento del Perú. (7 de abril de 2017). *Norma E.080 Diseño y construcción con tierra reforzada*. Recuperado el 8 de marzo de 2019, de United Nations Development Programme : http://procurement-notice.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). *Norma E.080*. Perú: Separata Especial.
- Minke, G. (septiembre de 2005). *Manual de Construcción en tierra: La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Obtenido de Perma Construcción: <http://permaconstruccion.org/wp-content/uploads/2017/06/Manual-Construccion-En-Tierra-Minke.pdf>
- Montero, B., Morales, P., & Pereira. (2010). *FICHA TÉCNICA: SISTEMA CONSTRUCTIVO ADOBE / TAPIAL*. Guatemala.
- Mora, N. (2014). *La investigación Bibliográfica*. Obtenido de Universidad de Palermo: https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/17306_55962.pdf
- MUNICIPIO DE SARAGURO. (abril de 2016). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Saraguro periodo 2014 - 2019*. Obtenido de Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Intercultural de Saraguro: <https://saraguro.gob.ec/wp/wp-content/uploads/CONTENIDO/PDyOT/PDyOT-GADMIS%202014-2019.pdf>
- NEC. (2015). Peligro sísmico diseño sismoresistente. 27.
- NEC. (2015). Viviendas de hasta dos pisos con luces de hasta cinco metros. 59.
- Notimundo. (26 de abril de 2016). *Notimundo*. Obtenido de En Ecuador predominan las construcciones informales: <https://notimundo.com.ec/ecuador-predominan-las-construcciones-informales/>
- Orellana, P. (febrero de 2019). Análisis comparativo de las propiedades mecánicas del adobe tradicional con el adobe reforzado con fibras de vidrio y estabilización con cal en el laboratorio de ingeniería UEES. *Adobe de la parroquia San Antonio de Cumbe*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: UEES.
- Pozzi-Escot, D., Bernuy, K., Torres Peceros, H., & Aching Vásquez, J. (2011). Sismo-Resistencia de las construcciones en tierra del santuario arqueológico de Pachacamac. Pág. # 5.
- QuimiNet. (17 de enero de 2013). *Arena fina, formación natural aprovechada en la construcción*. Obtenido de QuimiNet: <https://www.quiminet.com/articulos/arena-fina-formacion-natural-aprovechada-en-la-construccion-3413454.htm>
- Quispe, J., & Rondón, S. (marzo de 2012). *PROPUESTA INTEGRAL DE REFORZAMIENTO PARA EDIFICACIONES DE ADOBE. APLICACIÓN AL CASO DE UN LOCAL ESCOLAR DE ADOBE EN LA PROVINCIA DE YAUYOS*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica del Perú: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/1492/QUISPE_JOSE_Y_RONDON_SILVANA_EDIFICACIONES_ADOBE_LOCAL_ESCOLAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Rivera, Y. (2015). *Origen y Clasificación de los suelos*. Obtenido de Academia: https://www.academia.edu/8811898/TALLER_LISTO_DE_SUELOS
- Sarango, W., & Yuquilima, P. (2016). *Identificación de aspectos bioclimáticos en 3 tipologías de vivienda con el sistema constructivo del bahareque del pueblo Saraguro para aplicarlos al diseño de viviendas actuales*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Cuenca: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25510>
- Sierra, M. (junio de 2014). *Tipos más usuales de Investigación*. Obtenido de Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa3/tipos_investigacion.pdf
- Tanck, R., & Fazani, A. (2012). *La Grava*. Obtenido de Materiales de Construcción: <http://materiales-de-construccion-ujcv.blogspot.com/2012/01/la-grava.html>
- Teixeira Martins, H. (2015). Estudio de las propiedades de las fábricas históricas de adobe como soporte a intervenciones de rehabilitación. Pág. # 37.
- Torres, A. (2015). *Estudio sobre diseño sísmico en construcciones de adobe y su incidencia en la reducción de desastres*. Obtenido de Repositorio Digital Universidad Central del Ecuador: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5429>
- UNAM. (febrero de 2014). *Métodos de investigación*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México: <http://www.psicol.unam.mx/Investigacion2/pdf/METO2F.pdf>
- UNI. (20 de mayo de 2014). *Universidad Nacional de Ingeniería*. Obtenido de Construcciones Seguras y Rentables: <https://uni.edu.ni/Articulo/Ver/Construcciones-seguras-y-rentables>
- Uribe, C., Ramos, A., & Camacho, J. (10 de diciembre de 2015). *Caracterización de unidades de adobe sometidas a radiación UVA*. doi:10.11144/Javeriana.apc28-1.cuas
- Usedo, R. (2015). *“Estudio y análisis de la utilización de la cal para el patrimonio arquitectónico”*. Obtenido de Universitat Politècnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/60200/Memoria.pdf?sequence=1>
- Villela, M. (noviembre de 2016). *ENSAYO GRANULOMETRÍA*. Obtenido de ACADEMIA: https://www.academia.edu/19761262/ENSAYO_GRANULOMETRIA_SUELOS