

EVALUAR TRES CANTIDADES DE FIQUE PARA REFORZAR LA MAMPOSTERÍA
EN TIERRA

CRISTIAN LEANDRO APARICIO BAYONA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
PROGRAMA DE ARQUITECTURA

2018

EVALUAR TRES CANTIDADES DE FIQUE PARA REFORZAR LA MAMPOSTERÍA
EN TIERRA

CRISTIAN LEANDRO APARICIO BAYONA

Trabajo de grado presentado para optar por el título de:

ARQUITECTO

DIRECTOR:

ARQUITECTO. JUAN CARLOS DIEZ ORTEGA

CO DIRECTOR:

INGENIERO METALÚRGICO MSC. PH.D. BLADIMIR RAMÓN VALENCIA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA

FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA

PROGRAMA DE ARQUITECTURA

PAMPLONA- NORTE DE SANTANDER

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

Presidente de jurado

Jurado calificador

Jurado calificador

Dedicatoria

A Dios, a la vida, por permitirme culminar una nueva etapa, por mantenerme fuerte ante las adversidades y sólido ante los quebrantos.

Infinitas gracias, a esas personas especiales en mi vida, a quienes con mucho trabajo y esfuerzo me permitieron estar aquí, cumpliendo una de mis metas, a ellos que siempre me brindaron su apoyo, amor y siempre creyeron en mí, los admiro, me han brindado de sus conocimientos y experiencias fortaleciendo los míos, a mi hermosa familia con mucho cariño y amor esta tesis va dedicada para:

Papá, Alvaro Aparicio Martínez

Mamá, Gloria Bayona Macías

Hermano, William Yamid Aparicio Bayona

Agradecimientos

El autor de este proyecto expresa sus más sinceros agradecimientos a:

La universidad de Pamplona, quien me brindó educación, experiencia, conocimiento, herramientas y espacios en el trascurso de mi formación académica. Mi familia y amigos que estuvieron pendientes y me dieron su apoyo en mi proceso como estudiante.

Amigos y profesionales en especial a:

ARQ. Juan Carlos Diez Ortega, mi director de proyecto, quien compartió su conocimiento y experiencia, a mi hermano William Yamid Aparicio Bayona, al Maestro Don Arturo Gómez, ING. Anderson Motta, TEC. Elkyn Quiñonez, Miguel Rojas, Oscar Parra, Arturo Restrepo y demás compañeros y personas que de una u otra forma estuvieron enriqueciendo mi ser y mis ideas.

Contenido

Resumen	1
Palabras claves	1
Abstract	2
Keywords	2
Introducción	3
Planteamiento problema.....	5
Justificación.....	6
Preguntas problematizadoras	8
1. Objetivos	9
1.1 General	9
1.2 Específicos	9
2. Marco referencial	10
2.1 Antecedentes	10
2.1.1 Incorporation of bamboo particles and “synthetic termite saliva” in adobes (Incorporación de partículas de bambú y “saliva sintética de termitas en adobes”).....	10
2.1.2 Influence of natural fiber dosage and length on adobe mixedamage-mechanical behaviour (Influencia de la dosis y longitud de fibra natural sobre daños en la mezcla de adobe - comportamiento mecánico).....	10

2.1.3 Tierra vertida compactada (TVC)	11
2.2 Marco teórico	12
2.2.1 Pruebas para conocer la calidad de la tierra	13
2.2.2 Tabla de colores Munsell	14
2.2.3 Densidad real.....	15
2.2.4 Densidad aparente	17
2.2.5 Porosidad total.....	19
2.2.6 El fique	19
2.2.7 Tipo de tratamientos a las fibras naturales	23
Marco legal.....	25
3.1 Norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada	26
3.1.1 Artículo 8.	26
3.1.2 Capítulo III construcción de edificaciones de tapial reforzado.....	27
3.1.3 Capítulo IV Construcción de edificaciones de adobe reforzado	29
3.2 Norma de referencia: astm c140, inte 06-02-13.....	31
3.2.1 Métodos de prueba estándar para el muestreo y la prueba de unidades de concreto de albañilería y unidades relacionadas.....	31
3.3 Descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual) (Delgada et al., n.d.).....	32
3.3.1 2. Definiciones	32

Marco tecnológico.....	34
4.1 LA Tapia pisada	34
4.1.1 Pisón y contrapisón:	35
4.1.2 El zurroneo:.....	35
4.1.3 El preparador de tierra:.....	35
4.1.4 La cimentación	35
4.1.5 Los sobrecimientos.....	36
4.2 El adobe.....	37
4.3 CONSTRUCCION MUROS DE ADOBE	38
4.3.1 Aparejo de muros	38
4.3.2 refuerzo de esquinas	40
4.3.3 Refuerzos internos en muros divisorios	40
Metodología	41
5.1 Etapa 1- Investigación.....	41
5.2 Etapa 2- Experimentación	41
5.2.1 La tierra	42
5.2.2 Pruebas de caracterización a la tierra	42
5.2.2 El fique	50
5.2.3 Elaboración de los adobes.....	55

5.2.4	Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) cimva-ram.....	56
1.2.4	Pruebas mecánicas.....	57
1.2.5	Resultados mecánicos de los adobes.....	58
5.2.6	Resultados mecánicos a los bloques de tierra comprimida (BTC).....	60
1.2.6	Promedio.....	62
	Conclusiones.....	63
	Recomendaciones.....	64
	Anexos.....	65
9.1	Graficas esfuerzo vs deformación de adobes y BTC.....	65
	Tabla anexos.....	69
	Referencias.....	71

Tablas

Tabla 1 Relación densidad-porosidad	18
Tabla 2 límites de los poros	19
Tabla 3 aprovechamiento de la hoja de fique.....	20
Tabla 4 propiedades de la fibra fique	22
Tabla 5 muestra de tierra Pamplona.....	45
Tabla 6 muestra de tierra Barichara	46
Tabla 7 densidad real Pamplona	47
Tabla 8 densidad real Barichara.....	47
Tabla 9 densidad aparente Pamplona.....	48
Tabla 10 densidad aparente Barichara	48
Tabla 11 porosidad Pamplona.....	49
Tabla 12 porosidad Barichara	49
Tabla 13 lavado con NaOH y ácido acético.....	52
Tabla 14 medidor de pH.....	52
Tabla 15 promedio máximo de esfuerzo	62

Ilustraciones

Ilustración 1 tabla de Munsell	14
Ilustración 2 planta de fique (el diario, 2015)	20
Ilustración 3 fibras de fique (andres cardona, 2018).....	21
Ilustración 4 tapia pisada (De et al., n.d.).....	34
Ilustración 5 cimentaciones (De et al., n.d.).....	37
Ilustración 6 fabricación de adobe (De et al., n.d.)	38
Ilustración 7 Una hilada compuesta de dos adobes en tizón y la siguiente de tres en sogá con dos medios adobes entre ellos. (De et al., n.d.).....	39
Ilustración 8 hilada compuesta por adobes dispuestos en sogá. (De et al., n.d.).....	39
Ilustración 9 hilada compuesta por dos adobes en sogá y la siguiente en tizón. (De et al., n.d.)	39
Ilustración 10 Una hilada compuesta de un adobe en tizón y uno en sogá. (De et al., n.d.) ..	39
Ilustración 11 refuerzo de esquinas (De et al., n.d.).....	40
Ilustración 12 refuerzo en muros divisorios.....	40
Ilustración 13 tierra cantera de Pamplona	42
Ilustración 14 carta de color Munsell tierra 1 adobes tierra 2 BTC Pamplona	43
Ilustración 15 carta de color Munsell tierra Barichara	43

Ilustración 16 tirar la bolita	44
Ilustración 17 agitar el frasco	44
Ilustración 18 método del picnómetro.....	47
Ilustración 19 probeta DA	48
Ilustración 20 fibra de fique Foto (Jaime del Río, 2012)	50
Ilustración 21 implementos para el proceso de alcalinización.....	51
Ilustración 23 peso del fique (200g).....	53
Ilustración 22 peso del NaOH (se usó 500g)	53
Ilustración 24 lavado en 10 L de agua y NaOH 5% p/v	54
Ilustración 25 lavado con ácido acético 50% v/v.....	54
Ilustración 26 secado de las fibras a 30°C durante 3 días.....	54
Ilustración 27 balanza analítica	55
Ilustración 28 corte de las fibras entre 5 y 10 cm	55
Ilustración 29 incorporación del fique en el proceso elaboración de los adobes	56
Ilustración 30 incorporación de fique en el proceso de elaboración de los BTC.....	56
Ilustración 31 maquina universal de ensayos.....	57
Ilustración 32 grafica adobe 0g de fique	58
Ilustración 33 grafica adobe 8g de fique	58
Ilustración 34 grafica adobe 12g de fique	59
Ilustración 35 grafica adobe 20g de fique	59
Ilustración 36 grafica BTC 0g de fique.....	60
Ilustración 37 grafica BTC 8g de fique.....	60
Ilustración 38 grafica BTC 12 g de fique.....	61

Ilustración 39 grafica BTC 20g de fique.....	61
Ilustración 40 BTC 12g mejor promedio	62
Ilustración 41 adobe 12g mejor promedio	62

Resumen

Este proyecto se realizó con el fin de reforzar y brindarle propiedades físico-mecánicas a los adobes, bloques de tierra comprimida (BTC) y tapia pisada con las fibras naturales del fique, siendo sometidos a ensayos de compresión. En la investigación se realizó caracterización a la tierra verificando que sea apta para la construcción, al igual el tratamiento alcalino al fique, dándole una solución a su propiedad hidrofílica. Estos procedimientos se realizaron a los adobes y a los bloques de tierra comprimida (BTC) haciendo análisis por triplicado variando cantidades de fique (8g, 12g y 20g) comparándolo con el adobe y BTC estándar (sin fique), estos adobes fueron sometidos a ensayos mecánicos en la maquina universal, presentando los análisis y graficas correspondientes teniendo como resultado promedio en los Adobe de 0,95 MPA de esfuerzo y de los bloques de tierra comprimida (BTC) de 0,67 MPA de esfuerzo.

Palabras claves

Adobe, fibra de fique, BTC, Tierra

Abstract

This project was carried out in order to reinforce and provide physical-mechanical properties to the adobe bricks, blocks of compressed earth (BTC) and stepped wall with the natural fibers of the fique, being subjected to compression tests. In the investigation, characterization was made to the land verifying that it is suitable for construction, as well as the alkaline treatment to the fique, giving it a solution to its hydrophilic property. These procedures were carried out to the adobes and the blocks of compressed earth (BTC) making analysis in triplicate varying amounts of fique (8g, 12g and 20g) comparing it with the adobe and standard BTC (without fique), these bricks were subjected to mechanical tests in the universal machine, presenting the corresponding analyzes and graphs, with the average result in the Adobe of 0.95 MPA of effort and compressed earth blocks (BTC) of 0.67 MPA of effort.

Keywords

Adobe, Fiber of fique, BTC, Earth

Introducción

Es incierto afirmar en qué fecha y en que civilización tuvo origen la arquitectura en tierra; “Como se ha demostrado en diversos descubrimientos arqueológicos y en los vestigios de antiguas civilizaciones que se han podido conservar, la tierra fue el material principal. En 1908 en el Turquestán, más concretamente en la ciudad de Pumpelly fueron descubiertas viviendas de tierra del periodo 8000 – 6000 a.C. En Asiria fueron encontrados cimientos de tierra apisonada que datan del 5000 a.C.”(sanchis, n.d.).Partiendo de una necesidad prioritaria los hombres crearon sus hogares, equipamientos religiosos y militares a partir de los materiales que le regalaba la madre tierra, a medida que esos grupos humanos crecían las edificaciones tomaban más importancia y por ende más tecnologías, entre ellas la tapia pisada, el adobe, el sistema cob, los muros de piedra, entre otros; las técnicas el trabajo y la manera de construir fueron evolucionando y hoy en día estas construcciones son protegidas como patrimonio arquitectónico de interés cultural pero también son arte. La importancia de construir con tierra y materiales vernáculos en pleno siglo XXI, donde hay gran variedad de materiales y formas más fáciles es la siguiente: su proceso no genera contaminación, gasto de combustible ni energía, no se generan impactos negativos y los residuos son biodegradables, además tienen mayor resistencia y perdurabilidad en el tiempo, y por último, son construcciones biosaludables.

Los pueblos, etnias y comunidades indígenas colombianas desarrollaron diversas técnicas para construir con tierra sus hogares en gran parte del territorio colombiano. El bahareque muy común en el país y toda Suramérica consiste en una estructura en madera recubierta especialmente con caña o guadua, sus paredes se rellenan con una mezcla de barro y fibras vegetales.

La llegada de colonias Europeas contribuyó a desarrollar tecnologías nuevas entre esas la tapia pisada, que consiste en hacer grandes muros, pisando la tierra capa por capa dentro de un encofrado. El adobe que es preparado con barro, fibra vegetal y secado al sol también data de tiempos remotos. En nuestro país estas técnicas dieron desarrollo a nuestra arquitectura, hoy en día se siguen trabajando, se restaura y se protegen como bienes de interés cultural y patrimonial, se vela por influenciar a la sociedad de lo beneficioso que son estos inmuebles, generando conciencia, instruyendo las prácticas culturales, artística, de preservación ambiental, la autoconstrucción y promoviendo los métodos biosaludables, siempre de la mano con la tecnología mejorando sus propiedades y sus diseños.

En este documento se experimenta con el adobe y el bloque de tierra comprimida (BTC) elaborado en la Cimva Ram, utilizando la tierra de la ciudad de Pamplona e incorporando en estas técnicas, la fibra natural del fique, realizando comparaciones, pruebas y estudios de la materia prima y de los bloques elaborados con tierra, esto con el fin de desarrollar un método adecuado para que en cualquier lugar del territorio nacional se ejecute un proceso adecuado en la obtención de tierra frente a la construcción ; El tratamiento al fique y el sometimiento a ensayos mecánicos a estos bloques, concluyendo los resultados y comprobando el refuerzo y mejorando la resistencia con fibras de fique.

Planteamiento problema

En Colombia la construcción de vivienda genera gran contaminación, se quiere construir en cantidad, sin pensar en la eficacia, ni la calidad de vida de quienes las habitan. Es por esto que el concreto y el ladrillo cocido son los materiales más populares para dichas construcciones, debido a la facilidad de construcción y a la economía que representa dicho material. Pero no se analiza el aspecto de contaminación y afectación de la salud y el medio ambiente que producen estos materiales.

De otro lado se utilizan materiales sintéticos que desprenden aromas y partículas nocivas a la salud pública, escogidos por su economía sin un estudio del perjuicio a la salud de quienes habitan viviendas fabricadas con dichos materiales. Otro inconveniente que nos agobia, es el pensar que nuestras tradiciones arquitectónicas tengan que quedar abandonadas poco a poco, desplazadas por la masiva llegada de otros materiales, llevando a un detrimento del acervo histórico y cultural.

La tierra en cambio es un material ancestral que no contamina, ni afecta la salud de los usuarios, ya que es un material natural de comprobada salubridad, además de ser resistente, económico y de tecnología muy básica, pues no necesita mano de obra muy especializada.

Justificación

Esta investigación busca reforzar la construcción con tierra, el adobe, el bloque con tierra comprimida (BTC) y la tapia pisada; por ello la fabricación del adobe comprimido que es un sistema constructivo que trabaja de forma similar a la tapia (compresión) a escala más pequeña, se le refuerza en la investigación, experimentando con materiales como las fibras del fique, aportando beneficios físico-mecánicos. Es necesario, actualizar las bases de una tradición y cultura que data de tiempos de la colonia. Dando testimonio del bajo impacto al medio ambiente que ocasiona el arte de la construcción con tierra, al ser un oficio amigable con la naturaleza por excelencia. Entre los beneficios, estaría incentivar procesos pedagógicos para capacitar personas idóneas comprometidas con la elaboración de esta destreza lo menos dificultoso posible, mejorando así la demanda del arte de la arquitectura en tierra, tratando de reducir costos y tiempo en la fabricación de mampostería en tierra.

Para promover la autoconstrucción con tierra y el comercio de las fibras de fique se hace una innovación y experimentación con este material, aportando un nuevo uso en el área de la construcción, apoyando las producciones agrícolas y manufactureras artesanales. El fique no genera impacto ambiental por no tener aditivos sintéticos. En el momento de la construcción, su protocolo tradicional de elaboración se mantendrá, ya que hace parte de una actividad cultural.

En el oficio de la autoconstrucción se busca que este trabajo se desarrolle de una manera poco compleja, logrando obtener excelentes resultados, promover el desarrollo histórico y cultural, el crecimiento en arquitectura biosustentable, velar por la salud de sus habitantes y del medio

ambiente; sembrar un modelo de desarrollo económico alrededor de la arquitectura en tierra, popularizando y generando una demanda beneficiosa en costos de la obra.

Un propósito es demostrar que en cualquier pueblo o ciudad es apto para una construcción en tierra, con unos sencillos pasos podemos determinar el material adecuado y apto para la arquitectura, que los pueblos nacionalmente reconocidos no sean los únicos en mantener las tendencias en la arquitectura tradicional, tomando como ejemplo Barichara-Santander.

Debido a esto, se decidió elegir la tierra de la ciudad de Pamplona, lugar donde se desarrolló la investigación.

Preguntas problematizadoras

¿De qué manera se puede reforzar la mampostería de tierra para mejorar su resistencia?

¿Qué alternativa se debe recurrir para que el fique no se deteriore con el paso del tiempo?

¿Cuáles son los referentes que pueden seguir para la construcción en tierra de manera confiable?

1. Objetivos

1.1 General

Evaluar tres cantidades de fique para reforzar la mampostería en tierra que mejoren sus condiciones de resistencia físico- mecánica.

1.2 Específicos

- Recopilar pruebas y antecedentes aplicados a la arquitectura en tierra, adobe y bloques de arcilla.
- Caracterizar la tierra seleccionada para la construcción
- Realizar un adecuado tratamiento al el fique.
- Comprobar mediante ensayos de compresión, el mejoramiento de las propiedades mecánicas a los ejemplares realizados.

2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Incorporation of bamboo particles and “synthetic termite saliva” in adobes (Incorporación de partículas de bambú y “saliva sintética de termitas en adobes”)

La siguiente investigación surge con el motivo de adaptar los adobes a requisitos modernos, para ello se planteaban mejorar las propiedades físico-mecánicas y la absorción de agua.

Esta investigación logró demostrar que sí es posible mejorar estas propiedades y se indicó una resistencia al esfuerzo de compresión en un 90% más, gracias a partículas de bambú (contenidos superiores al 2%) y la estabilización química con “saliva sintética de termitas” que logro reducir la absorción de agua y pérdida de masa del adobe expuesto al agua.(Aparecida et al., 2015)

2.1.2 Influence of natural fiber dosage and length on adobe mixedamage-mechanical behaviour (Influencia de la dosis y longitud de fibra natural sobre daños en la mezcla de adobe - comportamiento mecánico)

Esta investigación tiene como relevancia por el uso continuo del adobe y sus bajos costos e impacto ambiental, lo cual se planteó reforzar el adobe con una fibra animal, el pelo de cerdo siendo este un desperdicio en las industrias alimenticias.

En la investigación se concluyó, la resistencia a la flexión y agrietamiento por retracción por secado con los pelos de cerdo (0,5% de fibra y 7 mm de fibra).(Araya-letelier, Concha-riedel, Antico, Valdés, & Cáceres, 2018)

2.1.3 Tierra vertida compactada (TVC)

Se trata de una técnica prehispánica del norte de México abandonada por la llegada de los españoles y con ellos la traída de nuevas técnicas constructivas.

La investigación realizada por (GUERRERO BACA, Luis Fernando; SORIA LÓPEZ, 2015) destaca y presenta este método de construcción.

La técnica que se conoce genéricamente como Tierra Vertida (terre coulée en francés y poured earth en inglés) es un sistema que buscó hacer más eficiente el trabajo de la tierra modelada a partir del uso masivo de materia prima y del apoyo de moldes para el desarrollo de muros. Los moldes se quitan cuando la tierra es suficientemente resistente para mantener su forma y se desplazan para la construcción de componentes subsiguientes hasta concluir el total de los espacios habitables. Utiliza un material en forma de lodo líquido que contiene agregados arenosos y grava para desempeñar la misma función que el concreto convencional de cemento.

Esta técnica sigue en experimentación con materiales que ayuden al fraguado como lo es el yeso, cal o cemento y se están elaborando prototipos de vivienda experimental.

2.2 Marco teórico

El hombre hace más de 10.000 años utilizaba la tierra como material primordial en la construcción de sus ciudades, las técnicas y formas permitieron un surgimiento de pueblos y localidades, dando paso a un desarrollo de su civilización con equipamientos religiosos militares gubernamentales y viviendas.

El hombre a través de la historia ha usado la tierra como materia prima, transmitido desde sus orígenes en: Civilizaciones como la Romana, Musulmana (el islam contribuye a transmitir la tapia pisada). Mesopotamia, Europa, África, Medio Oriente, Asia, Egipto, India, China, simultáneamente en Norte centro y sur América, donde hoy en día en el caso de México, Perú, Bolivia se siguen construyendo ciudades completas.

Revista Escala, tecnología y medio ambiente, Escala 145 arquitecturas en tierra (pág. 2)

Las técnicas y sistemas existentes y tradicionales para trabajar la tierra cruda desarrollada aun en nuestros tiempos Suelen estar relacionadas con las propiedades y características de la tierra, el clima y las tradiciones del lugar.

Según (Yuste, n.d.) Existen tres sistemas generales de transformar la tierra en elementos de construcción:

1. Fabricación de pequeños elementos individuales (ladrillos, bloques o similares), que se unen con mortero para realizar una obra de fábrica.
2. Amasado de la tierra y moldeo de muros de una pieza, dando lugar a una construcción monolítica.
3. Recubrimiento o relleno de tierra en una estructura de una material diferente. En este caso, la tierra no es portante y la solidez del edificio depende principalmente de la estructura portante.

Una tierra apropiada para la construcción debe ser limpia de residuos orgánicos, libre de la capa vegetal y la tierra negra y fértil, el suelo debe tener cantidades aproximadas de *0-15% grava, 40-65% arena, 18-35% limos y 15-20% de arcilla.* (Yuste, n.d.) Con la realización de algunos breves ensayos determinaremos la calidad de la tierra.

2.2.1 Pruebas para conocer la calidad de la tierra

Para determinar si nuestra tierra es la adecuada, se deben realizar las siguientes pruebas. (“Auto Constructor Consciente: CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y BARRO I, CARACTERÍSTICAS, PRUEBAS Y ENSAYOS SENCILLOS,” 2014)

Olor

El barro no debe presentar ningún olor, llegado el caso tener un olor desagradable es debido a que la tierra tiene grandes cantidades de materia orgánica, la cual esto no es apta.

Frotar

Según Frotando una muestra húmeda entre las manos podremos notar primero si contiene mucha arena, si el barro se adhiere a las manos y necesitamos frotarlas con agua para limpiarlas quiere decir que tiene mucha arcilla, si se queda pegajoso pero se limpia con el simple frote quiere decir que es un barro limoso.

Agitar el frasco

Se agrega en un tarro de cristal una porción de tierra, al agitar el tarro observamos según la información de se separan en:

Agua con materia orgánica flotante, Arcilla, Limo (es una capa muy fina, que se puede distinguir bajo la arcilla), Arena, Grava.

Según Gernot Minke, este ensayo puede dar bastante error, aunque nos puede servir para estimar proporciones aproximadas de los componentes.

Tirar la bolita

Hacemos una bolita con la tierra evitando pasarnos de humedad, teniendo amasada la bolita buscamos una altura de 1mts y la dejamos caer en una superficie limpia, esto nos determina que tan arenosa es la tierra según se vaya desintegrando). (“Auto Constructor Consciente: CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y BARRO I, CARACTERÍSTICAS, PRUEBAS Y ENSAYOS SENCILLOS,” 2014)

2.2.2 Tabla de colores Munsell

Las tablas de color Munsell incluyen todos los matices del rango visible del espectro electromagnético, en suelos se utiliza sólo alrededor de la quinta parte del rango total de matices. La tabla Munsell está compuesta de hojas, representando cada una de ellas un matiz (hue) específico que aparece en la parte superior derecha de dicha página. Cada hoja presenta una serie plaquitas o “chips” diferentemente coloreados y sistemáticamente arreglados en la hoja, que representan la claridad (value) y la pureza (chroma). Las divisiones de claridad (value) se presentan en

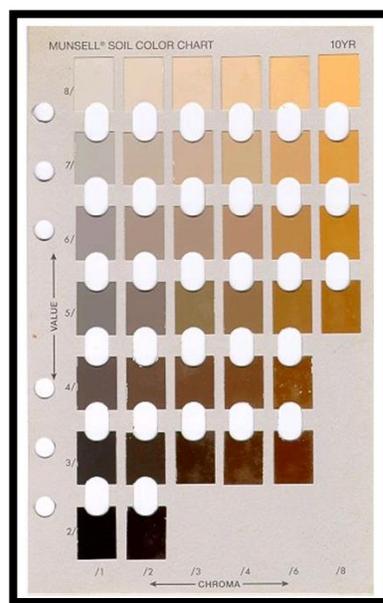


Ilustración 1 tabla de Munsell

sentido vertical, incrementando su valor (haciéndose más claro) de abajo hacia arriba; las divisiones de pureza (chroma) se presentan en sentido horizontal, en la parte inferior de la hoja, incrementándose de izquierda a derecha. (“Sistema de Notación Munsell y CIELab como

herramienta para evaluación de color en suelos * Munsell Notation System and CIELab as a tool for evaluation colors in soils Resumen,” 2012)

2.2.3 Densidad real

Es la relación entre la unidad de peso y la unidad de volumen de la fase sólida del suelo, siendo más o menos constante, ya que está determinado por la composición química y mineralógica de la fase sólida.

El peso específico de los componentes del suelo es variado, por ejemplo menor de 2,5 gr/cm³ (humus y yeso), 2,5 a 3,0 (arcillas, cuarzo, feldspatos, calcitas, micas), de 3,0 a 4,0 (limonitas, piroxenos, olivinos) y mayor de 4,0 (hematitas y magnetitas).

No obstante, considerando que la mayor parte de los componentes del suelo (aluminosilicatos, sílice) poseen una densidad oscilante entre 2,6 y 2,7 g/cm³, se toma un valor medio de 2,65 gr/cm³ (valor adoptado al realizar el análisis granulométrico).

El contenido de los distintos elementos constituyentes de los suelos es el que determina las variaciones de su densidad real, por lo que la determinación de este parámetro permite por ejemplo estimar su composición mineralógica. Si la densidad real es muy inferior a 2,65 gr/cm³, podemos pensar que el suelo posee un alto contenido de yeso o de materia orgánica, si es significativamente superior a 2,65 gr/cm³ podemos inferir que posee un elevado contenido de óxidos de Fe o minerales ferromagnésicos.(“DENSIDAD_REAL_APARENTE_Y_POROSIDAD_DEL_S,” n.d.)

- Método del picnómetro

Este método consiste en obtener el volúmen de una muestra de suelo en forma indirecta, determinando por pesada el volúmen de agua existente en un recipiente (picnómetro) con y sin muestra de suelo.

El picnómetro se pesa vacío (valor A) y perfectamente seco en una balanza de precisión. Con ayuda de un embudo se agrega suelo tamizado por 2 mm, cuya humedad es conocida, hasta formar sobre el fondo del picnómetro una capa de aproximadamente 1 cm de espesor. Se pesa nuevamente (valor B). La diferencia entre los valores B y A nos da el peso en gramos del suelo que multiplicado por el factor de humedad nos da el valor del suelo seco a 105 110 °C (valor P).

Se agrega con cuidado agua en el picnómetro hasta aproximadamente una tercera parte de su capacidad y se agita cuidadosamente para eliminar las burbujas de aire que pudieran quedar retenidas entre las partículas de suelo.

Para asegurar la completa extracción del aire se coloca el picnómetro con su contenido en un desecador por unos minutos. Finalmente se llena con agua el picnómetro hasta el borde y se coloca el tapón en forma tal que no queden aprisionadas burbujas de aire en su interior. El agua derramada se seca con papel de filtro para que el picnómetro quede totalmente seco. Se lo pesa en una balanza de precisión obteniendo el valor D.

Se vacía el picnómetro, se lo lava, se lo llena con agua destilada y se lo vuelve a pesar (valor E). Esta última pesada determina el volumen del picnómetro. (“DENSIDAD_REAL_APARENTE_Y_POROSIDAD_DEL_S,” n.d.)

CALCULOS:

-peso del picnómetro + suelo (valor B)

-peso del picnómetro vacío (valor A)

- peso del picnómetro + agua destilada (valor E)
- peso del picnómetro + agua destilada + suelo (valor D)
- peso del suelo seco (B-A)

2.2.4 Densidad aparente

La densidad aparente se define como el peso de una unidad de volumen de suelo que incluye su espacio poroso.

La densidad aparente refleja el contenido total de porosidad en un suelo y es importante para el manejo de los suelos (refleja la compactación y facilidad de circulación de agua y aire). También es un dato necesario para transformar muchos de los resultados de los análisis de los suelos en el laboratorio (expresados en % en peso) a valores de % en volumen en el campo.

La DA de los suelos no cultivados varía generalmente entre 1 y 1.6 g/cm³. La variación es debida en su mayor parte a diferencias en el volumen total de poros, reconociéndose dos fuentes de origen principales: la textura y la estructura. Generalizando, podemos decir que el espacio poroso total se incrementa a medida que la textura es más fina, resultando en una disminución de la densidad aparente. El tamaño de los poros que generan las partículas de arcilla es extremadamente pequeño respecto del generado por partículas de arena, pero existe considerablemente mayor cantidad de poros en una muestra de textura arcillosa que en una arenosa (no confundir tamaño de poros con volumen de poros). Por otro lado, además del tamaño de la partícula, tiene influencia en la densidad aparente la forma de la misma. Las partículas de arcilla son planas y tienden a empaquetarse al azar, es decir en forma desordenada, y no como ladrillos

perfectamente acomodados en una pared. En este sentido son más eficientes en ocupar una unidad de volumen las partículas esféricas (forma aproximada de las arenas y limos), resultando en un empaquetamiento más denso que el de las partículas planas. Una gran proporción de limo, que no promueve la agregación, provoca un aumento de la densidad aparente al taponar los poros generados entre las partículas de arena; en cambio un incremento en las proporciones de arcilla y materia orgánica aumenta el volumen de pequeños poros y promueve la agregación (formación de estructura) provocando una disminución de la densidad aparente. (“DENSIDAD_REAL_APARENTE_Y_POROSIDAD_DEL_S,” n.d.)

Por otro lado, siempre generalizando, la DA aumenta de estructura migajosa o granular a prismática, columnar, laminar o masiva, porque en este sentido disminuye el volumen ocupado por la fase porosa.

La compactación (debida al pisoteo de animales, al laboreo, las precipitaciones, etc.) disminuye el volumen de poros, incrementando, por tanto el peso por unidad de volumen.

La pérdida de materia orgánica puede incrementar el peso del suelo de dos formas: a) la materia orgánica es más liviana que la mineral, b) su disminución se encuentra por lo general asociada a reducciones en el volumen total de poros.

La DA en cierto sentido refleja el estado del espacio poroso, como se observa en la siguiente Tabla (valores aproximados):

- Relación entre DA (gr/cm³) y porosidad (%).

DA	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
Poros	63	59	56	52	48	45	41	37	33	30

Tabla 1 Relación densidad-porosidad

Los valores de DA inferiores a 1 gr/cm³ se obtienen normalmente en suelos orgánicos. También poseen baja DA los suelos derivados de cenizas volcánicas. (“DENSIDAD_REAL_APARENTE_Y_POROSIDAD_DEL_S,” n.d.)

2.2.5 Porosidad total

Se entiende por porosidad del suelo el volumen ocupado por las fases líquida y/o gaseosa. Posee gran importancia en la penetración radicular, percolación del agua, difusión de los gases, etc.

Puede ser calculada a partir de la DR y DA y resulta la suma de la porosidad capilar (relacionada con retención de humedad) y de la porosidad no capilar (intercambio gaseoso). La relación de la macroporosidad/porosidad total indicará si la aireación es suficiente o deficiente de una manera global.

Distintos autores consideran diferentes límites de los poros del medio edáfico, pudiendo tomarse como válidos los de la siguiente clasificación:

Denominación	Tamaño (mm)	Función
Poros grandes (gruesos)	1000 60	Aireación e infiltración
Poros medios	60 10	Conducción del agua
Poros pequeños (finos)	10 0.2	Almacenamiento agua útil
Sup. Higroscópica (m.finos)	<0.2	Retención agua higr

$$Pt (\%) = 100 (DA/DR) .100 = (DR DA)/DR. 100$$

Tabla 2 límites de los poros

2.2.6 El fique

El fique, nombre científico FURCRAEA, se conocen más de 20 especies, es una planta que tiene origen en Colombia, su trabajo y elaboración más que todo abarca la industria de la textilería, gracias a los indígenas que trabajaban esta planta, extrayendo de la hoja, fibras de fique o cabuya.



Ilustración 2 planta de fique (el diario, 2015)

Aprovechamiento de la hoja

Fibra larga	4%
Fibra Corta	1%
Mota	2 %
Bagazo	32%
Jugos	40%
Agua	21%

Tabla 3aprovechamiento de la hoja de fique

Características Morfológicas

La planta del fique cuenta con una longevidad de 10 a 30 años su altura promedio de las plantas es de 2 a 7 metros su longitud promedio de las hojas es de 1 a 3 metros.

Condiciones ideales de siembra

El fique se siembra desde el nivel del mar hasta los 3.000 msnm. Altura óptima: 0 a 2.000
Temperatura óptima: 15° a 35° C

Fibra de fique

Los artesanos usan las fibras del fique y fabrican de diversos productos, hay nuevas tendencias



Ilustración 3 fibras de fique (andres cardona, 2018)

en producciones textiles utilizando este material, pero el producto por el cual es mayormente utilizada las fibras, es para la elaboración de costales ralos, estos tienen un proceso artesanal en telares rústicos, con tecnologías obsoletas. Según (Nathalia & Quintero, 2017) Dentro del proceso de extracción de la fibra solo se aprovecha el 4% del peso total de la hoja, el restante 96%,

conocido tradicionalmente como ‘bagazo’, generalmente es desaprovechado y en muchas ocasiones produce un impacto negativo sobre el medio ambiente, contaminando las aguas a través del proceso de lavado de la cabuya.

El fique es una fibra natural por la cual es biodegradable se descompone, no contamina. Sus ventajas son tanto ambientales como de economía, facilidad y calidad. Adicionalmente el uso de sacos para empaque de café, en Colombia, ha disminuido notoriamente, situación que se refleja en la crisis existente entre los cultivadores de la fibra.(Nathalia & Quintero, 2017)

Cada filamento está constituido por fibrillas elementales soldadas entre sí por la lignina que actúa como una goma. Los extremos de estas fibrillas se superponen para formar filamentos multicelulares

en toda la hoja y son estos filamentos unidos los que forman la fibra de fique.(Nathalia & Quintero, 2017)

Propiedades de la fibra del fique

Densidad	1.47 g/cm ³
Absorción de agua	60 %
Temperatura de degradación	220 °C
Diámetro	0.24 mμ
Resistencia de Tensión	132.4 MPa
Módulo de elasticidad	8.20 – 9.10 GPa
Elongación	9.8 %

Tabla 4 propiedades de la fibra fique

Las fibras extraídas de sus hojas presentan características físicas y propiedades mecánicas adecuadas para ser usadas como refuerzo y complemento a los sistemas constructivos en tierra. (Nathalia & Quintero, 2017)

2.2.7 Tipo de tratamientos a las fibras naturales

Tratamiento alcalino

Las fibras vegetales tienen dentro de su estructura componentes que son ricos en agua (lignina y hemicelulosa) y que por tanto generan dificultades para lograr que el material compuesto, al ser reforzado con este tipo de fibras tenga unas prestaciones mecánicas adecuadas. La razón principal para que la resistencia mecánica disminuya es que el agua es uno de los inhibidores naturales de la polimerización en las resinas de poliéster insaturado, por lo tanto la presencia de estos componentes es poco deseable dentro de la estructura de las fibras. Adicionalmente, estos compuestos poco deseables agregan una importante fracción de peso a las fibras, que por lo general es del orden del 10%, peso que se puede ver reflejado en el compuesto y que no agrega ningún valor al material. Otra de las razones por las que eliminar estos componentes es deseable radica en que para algunos tipos de fibras, éstas se dividen en pequeños filamentos, incrementando el área y mejorando la posible humectación con la matriz.(JOSÉ SANTIAGO GÓMEZ P., 2009)

El tratamiento que se ha estudiado para eliminar estos componentes, específicamente la lignina y la hemicelulosa es la mercerización y consiste en tratar las fibras en una solución de Hidróxido de sodio (NaOH), también conocido como soda cáustica. Este tratamiento alcalino se realizó inicialmente a diferentes concentraciones de NaOH, se estudiaron soluciones al 2%, 5% y 8% P/V. Sin embargo, al evaluar las fibras tratadas en soluciones al 5% y 8% se evidenció una disminución de las propiedades mecánicas razón por la cual para el tratamiento de las fibras se empleó la solución de 2% P/V NaOH, las fibras estuvieron sumergidas en la solución durante aproximadamente cuatro horas.(JOSÉ SANTIAGO GÓMEZ P., 2009)

Posteriormente a esto, se realizaron lavados con soluciones al 50% V/V en ácido acético y luego en agua destilada. Finalmente, las fibras fueron secadas en un horno a 30°C durante ocho horas para eliminar el contenido de agua.

La realización de este proceso, permite disminuir la densidad de las fibras gracias a la eliminación de los compuestos antes mencionados. De igual forma, lograr eliminar la lignina y la hemicelulosa, tal como se había mencionado anteriormente, ayuda a mejorar la compatibilidad de las fibras con la resina de poliéster, obteniendo compuestos de mejores prestaciones mecánicas.(JOSÉ SANTIAGO GÓMEZ P., 2009)

Tratamiento de acetilación

Reacción de esterificación a la que son sometidos productos con uno o varios grupos OH de alcohol. El objetivo consiste en disminuir la polaridad que estos grupos le comunican a la sustancia con el objeto de permitir su separación cromatográfica con mayor facilidad. Los grupos OH son transformados en ésteres acéticos o acetatos con anhídrido acético (v.) en presencia de piridina (v.) como catalizador. La reacción está indicada para alcoholes primarios y secundarios, aunque con estos últimos en ocasiones tiene lugar con dificultad; con los alcoholes terciarios no procede. A veces, cuando la reacción no se lleva a cabo con una rapidez adecuada, se hace uso de 4-(dimetilamino) piridina (v.) en sustitución de la piridina para acelerar el proceso. (Glosario Química, 2017)

Marco legal

Colombia es un país donde ha desarrollado ciertas construcciones tradicionales como lo es la tapia pisada, el adobe y el bahareque, en gran parte del territorio nacional, estas tradiciones que buscan permanecer y no desaparecer en el tiempo, cuenta con muy poco cobijo en las normas nacionales tales como la NSR-10 que fue creada para proteger los sistemas constructivos contemporáneos, concreto reforzado, aceros y mamposterías de arcilla cocida, y luego actualizada para madera y guadua, dejando en total inequidad, sin investigaciones de su comportamiento y no incluyendo a la tierra como material de construcción; El marco normativo de construcción en Colombia tiene su origen en terremoto de Cúcuta 1875, Popayán del 31 de marzo de 1983, que causó más de 300 muertes y destruyó casi totalmente la ciudad vieja, y también el de Quindío 1999 de entrañable importancia para los colombianos. Resulta contradictorio y paradójico que este evento sísmico que condujo a la expedición del primer Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes– CCCSR en 1984, haya ignorado las construcciones con tierra, cuando la mayoría de edificaciones afectadas estaban así construidas.

Constructivos tradicionales es la que protege las edificaciones de bien de interés cultural (BIC) El cumplimiento del artículo 72 de la Constitución Nacional obliga al Estado a la preservación del Patrimonio Cultural y para hacerlo se vale principalmente de la ley 397 de 1997– Ley de Cultura – y de la ley 1185 de 2008 – Ley de Patrimonio Cultural – entre otros soportes legales.(Bola, n.d.)

Al no tener una norma clara sobre la construcción adecuada para adobes y tapia pisada recurre a las normas internacionales en este caso utilizo las del Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento de Perú (SENCICO, 2017) calcando de forma literal cada artículo

3.1 Norma E.080 diseño y construcción con tierra reforzada

3.1.1 Artículo 8.

Esfuerzos de rotura mínimos. Ensayos de laboratorio.

8.1 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la compresión (ensayo de compresión en cubos) se realiza conforme al procedimiento siguiente: a) La resistencia se mide mediante el ensayo de compresión del material en cubos de 0.1 m de arista. b) La resistencia última se calcula conforme a la expresión siguiente: $2 f_0$ 1.0MPa 10.2 kgf / cm c) Los cubos de adobes o muestras de tapial deben cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada. d) En el caso del tapial, de no existir muestras secas, se recomienda elaborar muestras comprimidas en moldes de 0.1 x 0.1 x 0.15 m. con 10 golpes de un mazo de 5 kg de peso.

8.2 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del material tierra a la tracción, se realiza conforme al procedimiento siguiente: a) La resistencia se debe medir mediante el ensayo brasileño de tracción, en cilindros de 6" x 12" o 15.24 cm x 30.48 cm de diámetro y largo. b) La resistencia última es de 0.08MPa = 0.81 kgf/cm² . c) Las muestras deben tener humedad inicial de 20 % a 25 % para control de adobes y 10 % a 15 % para control de tapial, y un secado cubierto de sol y viento de 28 días, debiendo cumplir con que el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.

8.3 Los ensayos de laboratorio de esfuerzos de rotura mínimos para medir la Resistencia del mortero a la tracción, se realiza conforme al procedimiento siguiente: a) La resistencia se debe medir mediante el ensayo de morteros a tracción indirecta, en probetas de dos adobes unidos por mortero de barro con o sin aditivos naturales, sujetos a compresión de manera similar al ensayo brasileño. b) La resistencia última es de 0.012 MPa = 0.12 kgf/cm² . c) Se debe cumplir con que

el promedio de las cuatro mejores muestras (de seis muestras) sea igual o mayor a la resistencia última indicada.

3.1.2 Capítulo III construcción de edificaciones de tapial reforzado

Artículo 12.- Condiciones de la tierra a utilizar

Se debe validar las características de la tierra a utilizar para construir con tapial, en el siguiente orden:

12.1 Suficiente presencia de arcilla, mediante las pruebas indicadas en el Anexo N° 1: Prueba “Cinta de barro“ y Anexo

2: Prueba “Presencia de Arcilla” o “Resistencia seca”.

12.2 Equilibrio de arcilla y arena gruesa, mediante la prueba indicada en el Anexo 4: Prueba de “Control de Fisuras” o “Dosificación con suelo-arena Gruesa”.

12.3 Máximo contenido de humedad, mediante la prueba indicada en el Anexo N° 3: Prueba “Contenido de humedad” Para la construcción con tapial.

12.4 En los suelos arcillosos se debe usar paja de aproximadamente 50 mm de largo en proporción de 1 volumen de paja por 5 de tierra, lo que ayuda al control de fisuras y resistencia. Esta proporción debe ser verificada en el inicio de la obra para evitar el rebote del mazo durante la compactación.

12.5 Su resistencia debe cumplir lo indicado en el numeral 8.1 u 8.2 del artículo 8.

Artículo 13.- Unidades de tapial y encofrado Las unidades de tapial deben tener las siguientes dimensiones: ancho mínimo: 0.40 m., altura máxima: 0.60 m, longitud máxima: 1.50 m y el espesor mínimo de la madera de encofrado debe ser de 20 mm, con refuerzos exteriores horizontales y verticales, para evitar deformaciones excesivas.

Artículo 14.- Fabricación de la unidad de tapial Cada unidad de tapial se debe fabricar en capas de tierra de 0.15 m. de altura máxima, compactándolas hasta llegar a una altura de 0.10 m. aproximadamente (por cada capa), siguiendo el procedimiento siguiente: a) La compactación se realiza con un mazo de madera de alrededor de 10 kgf. b) Una vez finalizada la compactación de todas las capas que conforman la unidad de tapial, ésta se debe picar en la cara superior de la última capa (superficie endurecida) un máximo de 0.01 m (un centímetro) e inmediatamente se debe humedecer la misma antes de empezar con el vertido de la primera capa de tierra de la siguiente unidad de tapial. c) Las juntas de avance de las unidades para conformar las hiladas deben realizarse inclinadas (pendiente cercana a 45° según lo indicado en el Anexo N° 5: Recomendaciones para las juntas de avance en la técnica del tapial reforzado).

Artículo 15.- Protección de las hiladas de tapial Para proteger las hiladas de tapial, se toman las consideraciones siguientes:

15.1 Es necesario un secado lento para evitar la fisuración.

15.2 Se recomienda retirar los encofrados de cada hilada luego de siete días de haber finalizado todo el apisonado (no menor a tres días).

15.3 Cubrir la hilada en trabajo y la hilada anterior con paños húmedos (yute o similares) al menos por siete días adicionales.

15.4 Las hiladas finalizadas, deben protegerse de la exposición directa a los rayos del sol y del viento (por ejemplo, mediante castillos temporales de esteras o mantas), para un secado lento, manteniendo la humedad y evitando el agrietamiento.

15.5 No se debe construir en época de lluvia.

Artículo 16.- Reforzamiento Las edificaciones de Tapial reforzado deben cumplir con lo indicado en el artículo 6 de la presente Norma.

3.1.3 Capítulo IV Construcción de edificaciones de adobe reforzado

Artículo 17.- Condiciones de la tierra a utilizar

17.1 Una vez comprobada la presencia de arcilla de un suelo mediante la prueba “Cinta de barro” y la prueba “Presencia de arcilla” o “Resistencia seca”, es necesario equilibrarla u optimizarla para que se controlen o eviten las fisuras de secado y se mejore la resistencia seca. Su resistencia debe cumplir lo indicado en los numerales 8.1 o 8.2 y 8.3 del artículo 8.

17.2 Con el control de fisuras mediante la adición de paja, se controla el agrietamiento del adobe y del mortero durante el secado con paja o fibras similares.

17.3 En ausencia de paja, para el control del agrietamiento se debe utilizar arena gruesa. Para verificar la combinación de arcilla y arena gruesa se realiza la prueba indicada en el Anexo N° 4: Prueba de “Control de fisuras” o “Dosificación suelo-arena gruesa”.

17.4 Es importante controlar adecuadamente el contenido de humedad, para evitar o disminuir las fisuras de secado. En general, debe utilizarse la menor cantidad de agua que logre activar la arcilla existente, para alcanzar la máxima resistencia seca de los muros.

17.5 La cantidad de agua requerida para moldear las unidades de adobe, no debe pasar del 20% respecto al peso del contenido seco.

Artículo 18.- Calidad, preparación, formas y dimensiones del adobe

18.1 Debe recurrirse a las pruebas de campo para confirmar la presencia suficiente de arcilla y conocer la combinación adecuada de arcilla y arena gruesa realizando lo indicado en los Anexos N°s. 1, 2 y 4 de la presente Norma.

18.2 Se debe cernir la tierra antes de preparar el barro y luego someterla a un proceso de hidratación sostenida por lo menos 48 horas (Ver definición de dormido en el numeral 12 del artículo 3 de la presente Norma).

18.3 El secado del bloque de adobe debe ser lento, para lo cual se realiza sobre tendales protegidos del sol y del viento. Sobre el tendal (que no debe ser de pasto, ni empedrado, ni de cemento) se debe espolvorear arena fina para eliminar restricciones durante el encogimiento de secado.

18.4 El bloque de adobe terminado debe estar libre de materias extrañas, grietas u otros defectos que puedan degradar su resistencia o durabilidad.

18.5 El bloque de adobe puede ser de planta cuadrada o rectangular y en el caso de encuentros, de formas especiales, pueden tener ángulos diferentes de 90°.

18.6 El bloque de adobe cuadrado no debe sobrepasar los 0.40 m. de lado, por razones de peso.

18.7 El bloque de adobe rectangular debe tener un largo igual a dos veces su ancho.

18.8 La altura del bloque de adobe debe medir entre 0.08 m y 0.12 m.

Artículo 19.- Calidad, preparación y espesor del mortero.

19.1 Se deben remojar los bloques de adobes antes de asentarlos, durante 15 a 30 segundos.

19.2 La humedad del mortero no debe pasar el 20 %, para evitar el agrietamiento. La cantidad de agua es la menor posible para disminuir las probabilidades de agrietamiento.

19.3 La proporción entre paja cortada y tierra en volumen puede variar entre 1:1 y 1:2.

19.4 Si la paja es escasa, se debe usar arena gruesa. La proporción a utilizar se debe hacer de acuerdo a la prueba de campo indicada en el Anexo N° 4: Prueba de “Control de Fisuras” o “Dosificaciones suelo-arena gruesa “.

19.5 El espesor de los morteros pueden variar de 5 mm a 20 mm. Solo para el tipo de muro puede utilizarse un espesor de 40 mm según se muestra en el aparejo correspondiente. Para muros curvos, ver numeral 7.3 del artículo 7 de la presente Norma.

19.6 Se debe evitar el secado violento de la albañilería mediante la protección del sol y del viento.

19.7 Se debe evitar que el muro se divida en dos por juntas verticales continuas, sean estas longitudinales o transversales.

Artículo 20.- Reforzamiento Las edificaciones de adobe reforzado deben cumplir con lo indicado en el artículo 6 de la presente Norma.(SENCICO, 2017)

3.2 Norma de referencia: astm c140, inte 06-02-13

3.2.1 Métodos de prueba estándar para el muestreo y la prueba de unidades de concreto de albañilería y unidades relacionadas

Alcances

La norma habla sobre las pruebas que se le deben realizar a los bloques de concreto, adoquines y de arcilla, (“Resistencia a la compresión de bloques de concreto, adoquines y ladrillos,” n.d.) Entre los ensayos que se especifican en esta norma se encuentran la medición de dimensiones, la resistencia a la compresión, la absorción y área neta, entre otros.

Importancia

La importancia de aplicar estos ensayos a los bloques es para cumplir con las especificaciones de las normas, para tener respaldo y confiabilidad de los diseños de mampostería estructural.

Procedimiento

Para realizar las pruebas de compresión a las muestras, como primero se deben marcar con su respectivo peso, se toman las dimensiones de longitud, altura, anchor, espesor, se ensayan 3 muestras. La muestra se debe acomodar precisamente que el centroide coincida con el punto de

aplicación de la carga. El espécimen se debe ensayar con dos placas que estén en contacto con el espécimen y permitan la distribución uniforme de la carga. Se registra la carga máxima alcanzada por el espécimen. La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima entre el área neta. (“Resistencia a la compresión de bloques de concreto, adoquines y ladrillos,” n.d.)

3.3 Descripción e identificación de suelos (procedimiento visual y manual) (Delgada et al., n.d.)

3.3.1 2. Definiciones

2.1 *Grava*- Partículas de roca que pasan por el tamiz de 75 mm (3”) de abertura y quedan retenidas en el tamiz de 4.75 mm (No.4). Presenta las siguientes subdivisiones:

2.1.1. Gruesa- pasa el tamiz de 75 mm (3”) y queda retenida sobre el tamiz de 19 mm (3/4”).

2.1.2 Fina- pasa el tamiz 19 mm (3/4”) y queda retenida sobre el tamiz de 4.75mm (No.4).

2.2 *Arena*- partículas de roca que pasan del tamiz de 4.75 mm (No.4) y quedan retenidas en el tamiz de 75 um (No.200) con las subdivisiones siguientes:

2.2.1 Gruesa- pasa el tamiz de 4.5 mm (No.4) y queda retenida sobre el tamiz de 2.00 mm (No.10).

2.2.2 Media- pasó el tamiz 2.00 mm (No.10) y queda retenida sobre el tamiz de 425 um (No.40).

2.2.3 Fina- pasa el tamiz de 425 um (No.40) y queda retenida sobre el tamiz de 75 um (No.200).

2.3 *Arcilla*- Suelo que pasa el tamiz de 75 um (No.200), el cual puede exhibir plasticidad (consistencia como de masilla) dentro de un cierto intervalo de humedad y presentar una resistencia considerable cuando se seca al aire. Para su clasificación, una arcilla es un suelo de grano fino, o

la porción fina de un suelo, con un índice de plasticidad igual o mayor que 4, para el cual la coordenada que representa el índice plástico contra el límite líquido en la carta de plasticidad cae en la “A” o por encima de ella.

2.4 Arcilla orgánica- Una arcilla con suficiente contenido orgánico como para influir sobre las propiedades del suelo para la clasificación, una arcilla orgánica es un suelo que sería clasificado como arcilla, excepto que el valor de su límite líquido después de secado en el horno es menor que el 75% de dicho valor antes de secarlo.

2.5 Limos- Suelo que pasa el tamiz de 75 UM (No.200), ligeramente plástico o no plástico y que exhibe poca o ninguna resistencia cuando se seca al aire. Para clasificación, un limo es un suelo de grano fino, o la porción fina de un suelo con índice plástico menor que 4, para la cual la coordenada que representa el índice plástico contra el límite líquido cae por debajo de la línea “A”, en la carta de plasticidad.

2.6 Limo orgánico- Un limo con suficiente contenido orgánico como para afectar las propiedades del suelo. Para la clasificación, un limo orgánico es un suelo que sería clasificado como limo, excepto que su valor de límite líquido después de secado en el horno es menor que el 75% de dicho valor antes de secarlo.

2.7 Turba- Un suelo de estructura primordialmente vegetal en estados variables de descomposición, con olor orgánico característico, color entre marrón oscuro y negro, consistencia esponjosa, y cuya textura varía desde fibrosa hasta amorfa. (Delgada et al., n.d.)

Marco tecnológico

Al no tener unas normas claras y fijadas por la NSR 10 sobre la tapia pisada y el adobe se tomara como referencia de manera literal y se anexará el Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada-AIS-.(De, Sismica, & Social, n.d.)

4.1 LA Tapia pisada

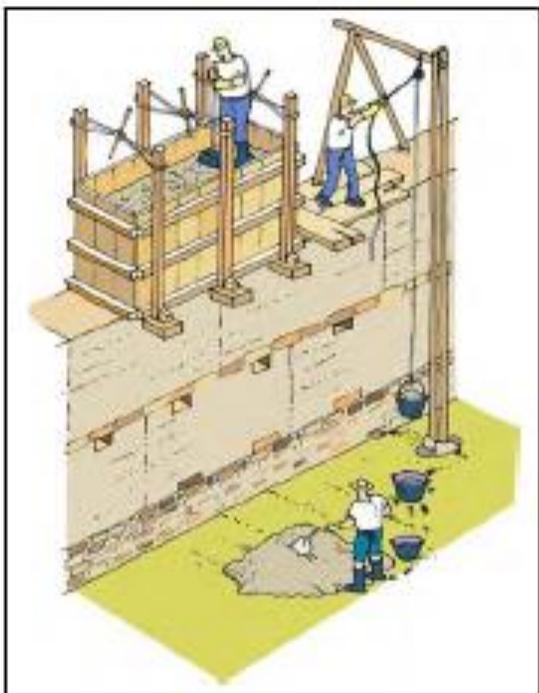


Ilustración 4 tapia pisada (De et al., n.d.)

Esta técnica se basa en compactar tierra en capas de 0.10 m. La compactación se hace con una herramienta elaborada en obra denominada pisón. Se trata de un instrumento de madera similar a un Remo Aunque la forma y el peso varían de una región a otra. La compactación se hace dentro de una formaleta denominada tapiar que consta de dos tableros de madera de 2.0 m de largo por 1.0 m de alto llamados hojas de tapiar y 2 compuertas quedan el ancho del muro. Las dimensiones de las hojas de tapiar no son estándar. Varían de una región a otra al igual que el pisón.

Las hojas del tapiar descansan sobre 3 elementos horizontales transversales llamados mechinales. Los mechinales tienen en sus extremos unas cajas donde se instalan los paraes que son elementos verticales que adjuntan las hojas del tapiar para que no se abran con el continuo impacto del pisón

La parte superior de los paraes se ajustan con un amarre de fique una vez se termina de pisar la sección, se desmonta el tapiar y se desplaza horizontalmente para pisar una nueva sección. Al desmontar

el Tapia y extraer los machinales quedan unos orificios que atraviesan el muro y que son característicos de este sistema constructivo.(De et al., n.d.)El grupo de trabajo en general consta de 4 personas

4.1.1 Pisón y contrapisón:

Encargado de la compactación el piso es quién usualmente tiene el mando y la experiencia

4.1.2 El zurroneo:

Su labor es proveer constantemente de tierra al tapial

4.1.3 El preparador de tierra:

Encargado de extraer la tierra y desmoronarla

4.1.4 La cimentación

La cimentación se construye con base en vigas corridas en roca y material de relleno conformado un entramado de vigas bajo los muros principales de la edificación . En general la profundidad de la cimentación alcanza el suelo firme por debajo de la capa orgánica.

La forma más frecuente de cimentación son en “L” en ”T” invertida o cimentación prismatica del sistema ancho del muro

Las rocas que construyen el material principal de la cimentación pueden ser de tipo anguloso, redondeado o una mezcla de las dos. Los fragmentos angulosos pequeños permiten el agarre entre elementos mayores y sirven de cuña para nivelar las rocas los fragmentos de tipo redondeado provienen Generalmente de Rios y quebradas. Al igual que en el caso anterior, los cantos rodados se trabajan Acuñados con guijarros.(De et al., n.d.)

4.1.5 Los sobrecimientos

Los sobrecimientos por encima de la Cota del terreno hasta dónde llega la cimentación se proyecta el sobrecimiento en material rígido y resistente. El sobrecimiento tiene como propósito proteger de el muro de tierra en Tapia o Adobe de la humedad, la acción del agua superficial y de goteo y de otras acciones agresivas que ocurren a nivel de piso, y conforman la base definitiva de asiento de los muros. Los sobrecimientos encienden Generalmente hasta 0.50 m pero pueden proyectarse hasta alturas mayores siguiendo un alineamiento en el muro totalmente irregular uno generalmente se cubren con un paquete más grueso que el resto de muro y se pintan de un color oscuro para generar una mayor protección.

Los sobrecimientos se construyen con ladrillo cocido sentado con cal y canto o barro con fragmentos de roca equivalentes a los de la cimentación los vacíos que quedan hacia la parte externa del sobrecimiento se nivelan con el pañete.(De et al., n.d.)

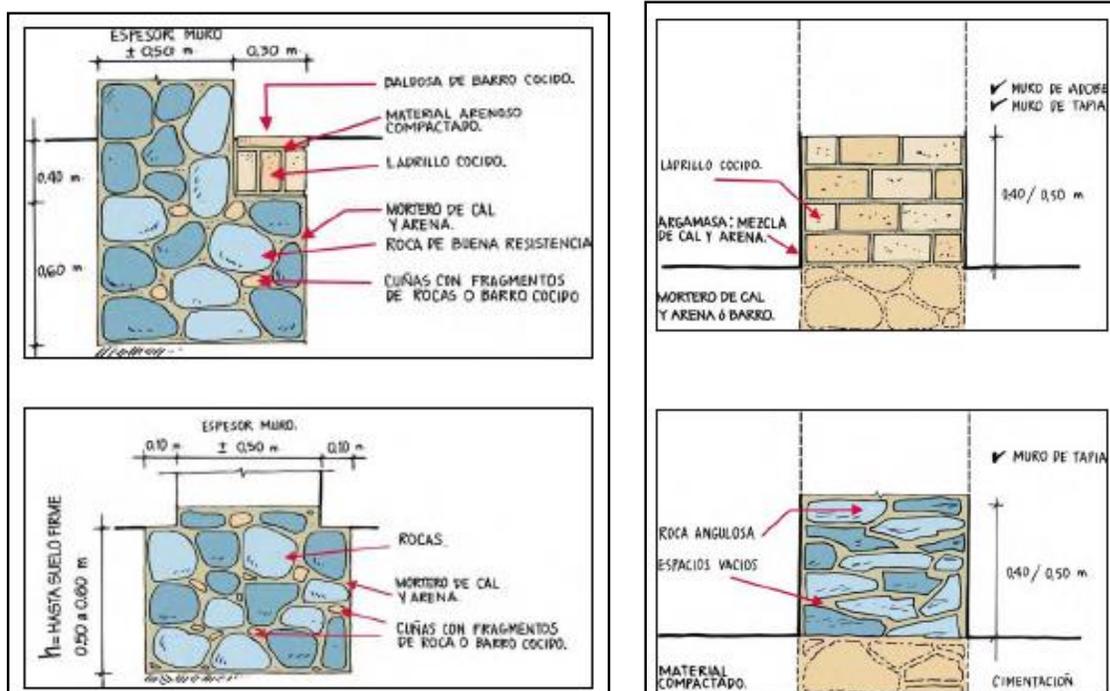


Ilustración 5 cimentaciones (De et al., n.d.)

4.2 El adobe

Esta técnica se basa en piezas macizas Unidas de barro sin cocer. Las dimensiones de las piezas son muy variables y responden tanto a la tradición como criterios constructivos. Las dimensiones promedio pueden variar desde $0,30$ m de largo x $0,15$ m de ancho y $0,07$ m de alto hasta dimensiones del orden de $0,40$ m de largo x $0,20$ m de ancho x $0,10$ m de alto. En general los ladrillos de adobe se elabora manteniendo una proporción de $1 \frac{1}{2} \frac{1}{4}$ entre el largo, el ancho y la altura de la pieza.

Los adobes se elaboran colocando el barro humedecido en un punto cercano a la plasticidad en moldes de madera con las dimensiones deseadas. Pasados un par de días y una vez contraídos por el secado, se retiraran los moldes y los adobes se dejan secar al aire libre desde 15 días hasta un mes sin la acción directa del sol.

El mortero de Pega se hace con el suelo el terreno siempre y cuando esté proporcione una buena cohesión. Si la cuestión no es suficiente se le agrega cal uno en algunos casos el mortero también se le adiciona paja para mejorar su resistencia a la tensión. En general el espesor de las juntas de mortero es del orden de 2 cm.(De et al., n.d.)

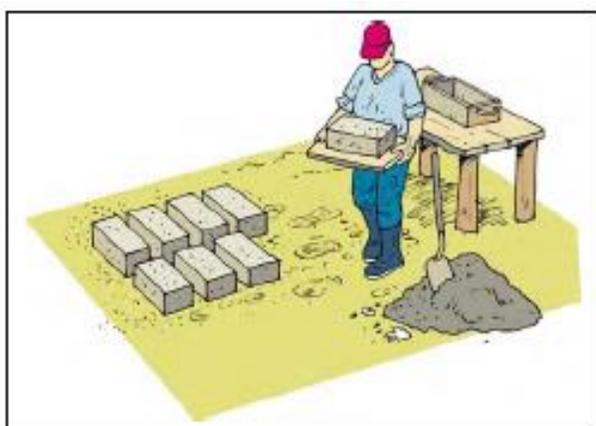
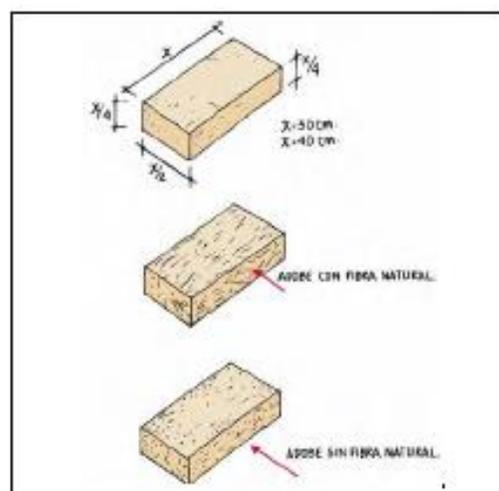


Ilustración 6 fabricación de adobe (De et al., n.d.)



4.3 CONSTRUCCION MUROS DE ADOBE

4.3.1 Aparejo de muros

Los aparejos más representativos utilizados para muros cargueros (aquellos que soportan la carga vertical del entrepiso o cubierta principalmente) de acuerdo con su exigencia estructural.(De et al., n.d.)

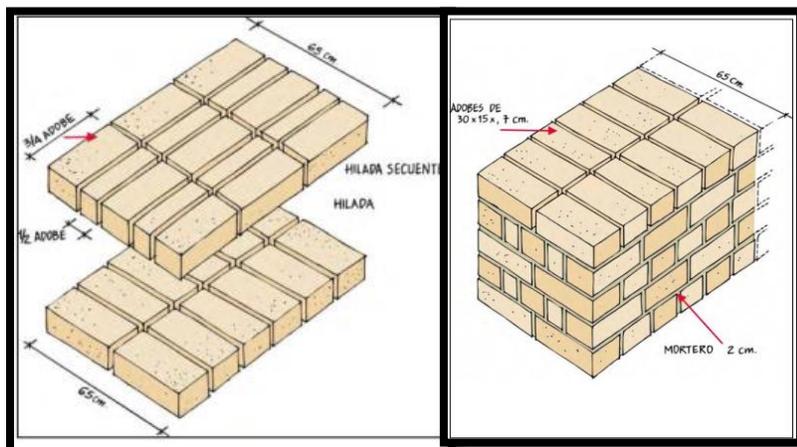


Ilustración 7 Una hilada compuesta de dos adobes en tizón y la siguiente de tres

en sogá con dos medios adobes entre ellos. (De et al., n.d.)

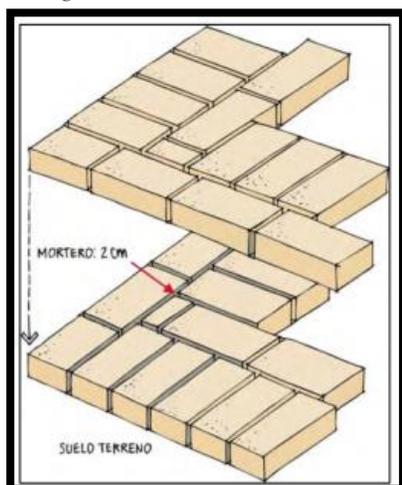


Ilustración 10 Una hilada compuesta de un adobes en tizón y uno en sogá. (De et al., n.d.)

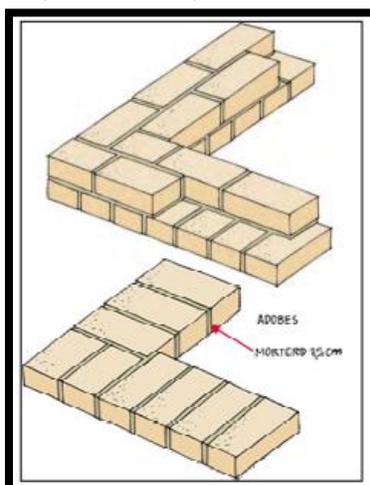


Ilustración 9 hilada compuesta por dos adobes en sogá y la siguiente en tizón. (De et al., n.d.)

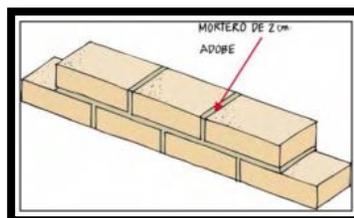


Ilustración 8 hilada compuesta por adobes dispuestos en sogá. (De et al., n.d.)

4.3.2 refuerzo de esquinas

En algunos muros ortogonales se instalan refuerzos de esquina a manera de escuadra conformados por elementos de madera o caña brava. Este elemento de refuerzo se coloca únicamente en la parte superior del muro, a nivel de las vigas de amarre de la cubierta generalmente.(De et al., n.d.)

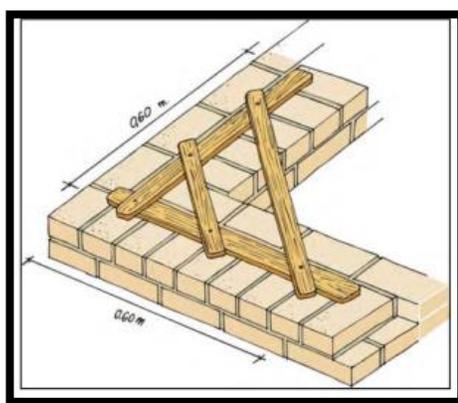


Ilustración 11 refuerzo de esquinas

(De et al., n.d.)

4.3.3 Refuerzos internos en muros divisorios

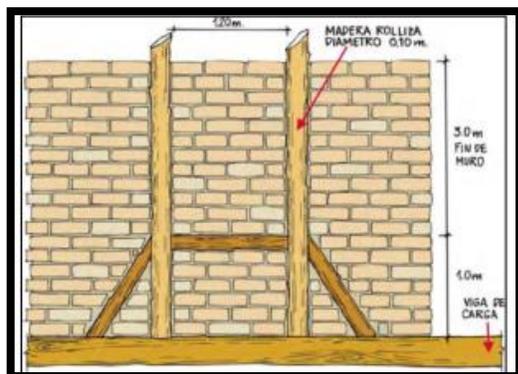


Ilustración 12 refuerzo en muros divisorios

Algunas veces se incorpora un tipo de refuerzo interno en los muros divisorios que no queda amarrado a los muros principales de la edificación. Este refuerzo se coloca con la intención de mejorar la estabilidad del muro en dirección perpendicular al plano.

Metodología

5.1 Etapa 1- Investigación

Recopilación de pruebas, antecedentes, aplicados a la arquitectura en tierra.

De acuerdo a los antecedentes expuestos la aplicación de la ciencia y métodos experimentales a la tierra puede abrirnos el campo de las construcciones amigables con el medio ambiente, todo tipo de edificaciones se están realizando en el mundo lo cual me permite seguir investigando, agregando nuevos conocimientos tendencias, tecnologías y formas de la construcción. Además de adquirir información de las metodologías aplicadas, la recopilación de estudios de la tierra las propiedades, beneficios y compatibilidades con materiales que no se han usado en las construcciones tradicionales, en la búsqueda de nuevos componentes útiles y dinámico a la arquitectura en tierra.

5.2 Etapa 2- Experimentación

Con la ayuda de profesionales en el área se harán pruebas de laboratorio, ensayos, de adobes y BTC, sometidos a esfuerzos mecánicos y tratamiento al fique, obteniendo resultados favorables y justificados en la investigación.

5.2.1 La tierra



Ilustración 13 tierra cantera de Pamplona

La materia prima para esta investigación es la tierra por la cual se hizo una búsqueda de este elemento, siendo este el apropiado y usado para la construcción, en este caso el lugar donde se extrajo la tierra fue en la ciudad de Pamplona.

5.2.2 Pruebas de caracterización a la tierra

Al extraer la tierra de una cantera, se procedieron hacer pruebas para tener certeza que la tierra es la adecuada para la construcción, siendo estas las siguientes:

Carta de color Munsell

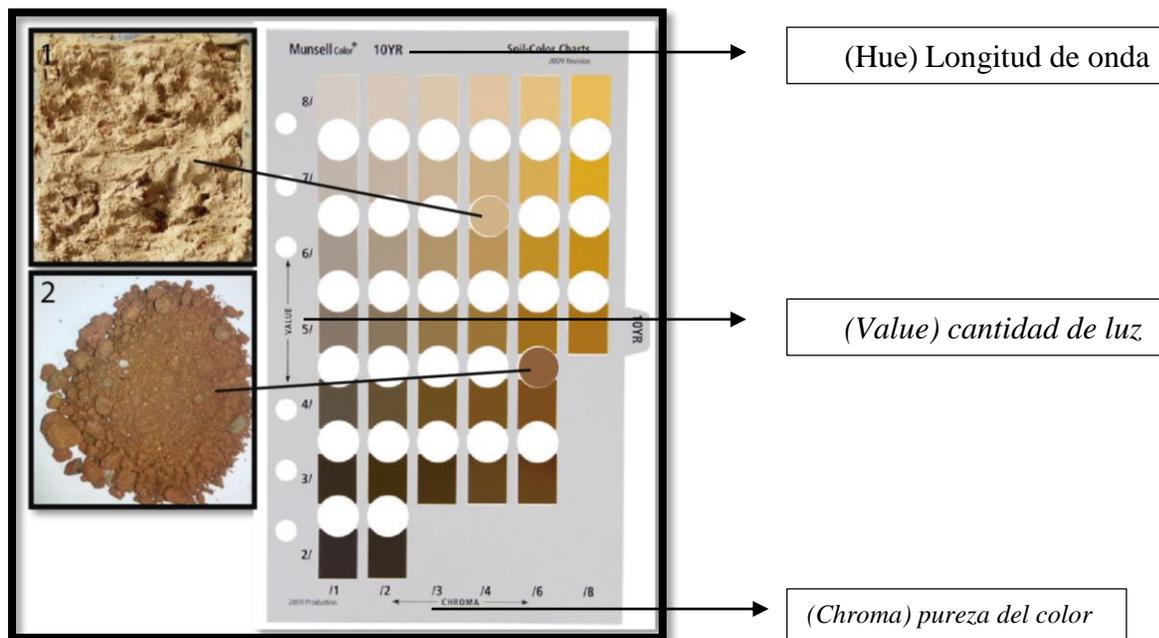


Ilustración 14 carta de color Munsell tierra 1 adobes tierra 2 BTC Pamplona



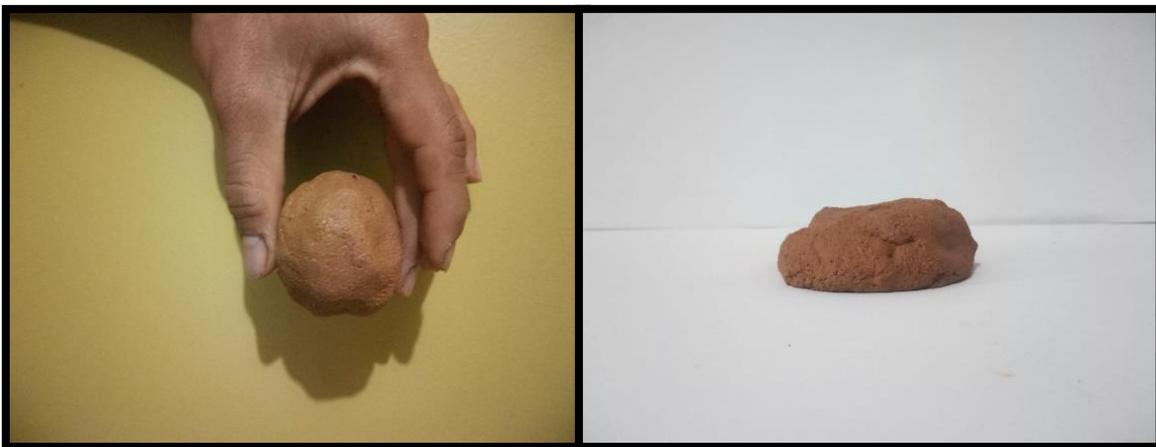
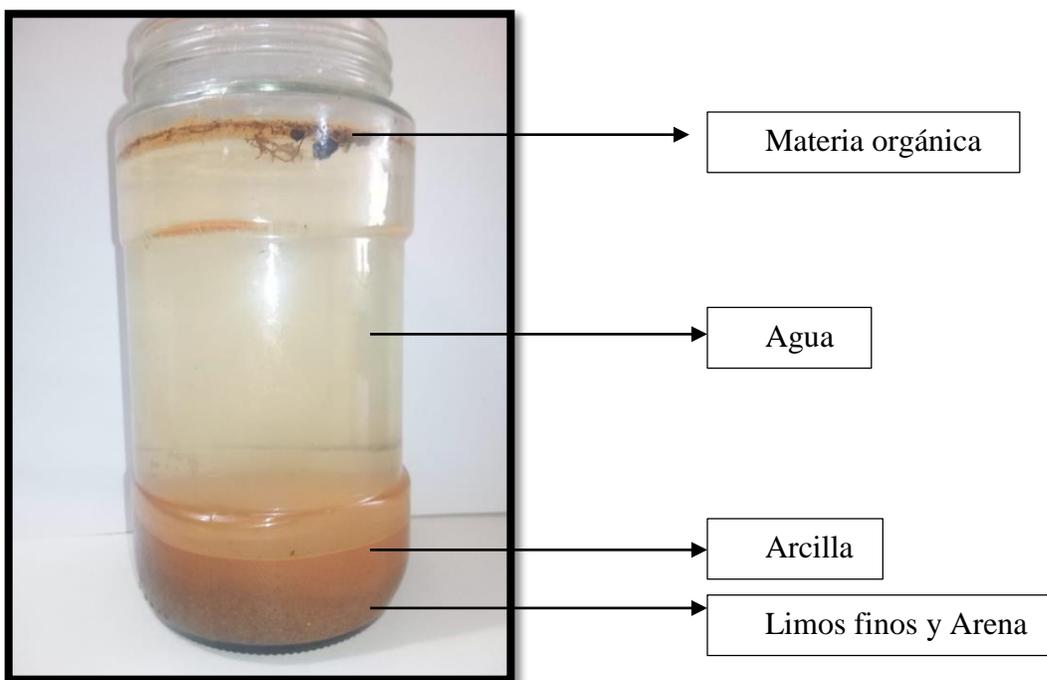
Ilustración 15 carta de color Munsell
tierra Barichara

Análisis:

La tierra 1 para los adobes se describe como: color del suelo Hue 10YR, Value 7 y Chroma 4 es decir color pardo amarillo, hierro deshidratado, drenaje bueno.

La tierra 2 para los BTC se describe como: color del suelo Hue 10YR, Value 4 y Chroma 6 es decir color rojo, hierro deshidratado, drenaje bueno.

La tierra 3 de Barichara la usamos en comparación se describe como: color Hue 7YR, Value 6 y Chroma 6 es decir, color rojo, hierro deshidratado, drenaje bueno.

Tirar la bolita*Ilustración 16 tirar la bolita***Agitar el Frasco***Ilustración 17 agitar el frasco*

Humedad



Ilustración 8 muestra tierra Pamplona



Ilustración 9 muestra tierra Barichara

MUESTRA PAMPLONA

PRUEBA CONTENIDO DE SEGURIDAD

Nº RECIPIENTE	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE	1,8	2,4	2,4
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HUEMDA	36,2	45,6	43,2
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	30,8	39,2	35,8
PESO MUESTRA HUEMDA	34,4	43,2	40,8
PESO MUESTRA SECA	29	36,8	33,4
PESO DEL AGUA	5,4	6,4	7,4
CONTENIDO DE HUMEDA	15,7	14,8	18,1
CONTENIDO DE HUMEDA PROMEDIO	16,217		

Tabla 5 muestra de tierra Pamplona

MUESTRA BARICHARA**PRUEBA CONTENIDO DE SEGURIDAD**

N° RECIPIENTE	1	2	3
PESO DEL RECIPIENTE	6,6	8,4	8,2
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HUEMDA	85,6	87,4	88,2
PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	73,8	75,6	76,2
PESO MUESTRA HUEMDA	79	79	80
PESO MUESTRA SECA	67,2	67,2	68
PESO DEL AGUA	11,8	11,8	12
CONTENIDO DE HUMEDA	14,9	14,9	15,0
CONTENIDO DE HUMEDA PROMEDIO	14,958		

*Tabla 6 muestra de tierra Barichara***Análisis:**

La tierra de la ciudad de Pamplona se comparó con tierra del municipio de Barichara la cual es apta para la construcción.

Dando a conocer las caracterizaciones realizadas, se demuestra que en la ciudad de Pamplona la muestra de humedad en la tierra es mayor, esto se debe a las condiciones climáticas de esta zona.

Densidad real

*Ilustración 18 método del
picnómetro*

MUESTRA PAMPLONA**DENSIDAD REAL**

Peso picnómetro	16,5014 g
peso picnómetro + agua	27,6145 g
peso suelo	1,1160 g
peso picnómetro + agua + suelo	28,2360 g
Densidad real =	2.2568 g/cm

Tabla 7 densidad real Pamplona

MUESTRA BARICHARA**DENSIDAD REAL**

Peso picnómetro	9,7821 g
peso picnómetro + agua	15,5696 g
peso suelo	0,3483 g
peso picnómetro + agua + suelo	15,7558 g
Densidad real =	2.1489g/cm

Tabla 8 densidad real Barichara

Densidad aparente**MUESTRA BARICHARA****DENSIDAD APARENTE**

Volumen inicial	20 ml
Volumen final	23 ml
peso	4,4897 g

RESULTADO	1,4966 g/ml
------------------	--------------------

Tabla 9 densidad aparente Pamplona

MUESTRA PAMPLONA**DENSIDAD APARENTE**

Volumen inicial	10 ml
Volumen final	11 ml
peso suelo	1,8997 g

RESULTADO	1,8997 g/ml
------------------	--------------------

Tabla 10 densidad aparente

Barichara



Ilustración 19

probeta DA

Porosidad

$$\text{Porosidad (\%)} = \frac{DR - DA}{DA} * 100$$

MUESTRAPAMPLONA	
POROSIDAD %	
DR	2,2568
DA	1,4966
resultado	50.7%
<i>Tabla 11 porosidad Pamplona</i>	

MUESTRA BARICHARA	
POROSIDAD %	
DR	2,1489
DA	1,8997
resultado	13.7%
<i>Tabla 12 porosidad Barichara</i>	

Análisis:

Teniendo la DR y DA podemos determinar el resultado de porosidad, la tierra de Pamplona tiene una porosidad de 50.7% es decir que a mayor porosidad mayor absorción de agua.

5.2.2 El fique



Ilustración 20 fibra de fique Foto (Jaime del Río, 2012)

Las fibras naturales del fique no es un material autóctono ni trabajado por los Pamploneses, además las condiciones climáticas no permiten el cultivo de esta planta, por lo tanto al ser este el material con el cual se realiza las pruebas y el agregado como refuerzo a los sistemas constructivos tradicionales, se adquirió de

Villanueva- Santander, teniendo este lugar su mayor producción de esta fibra para la elaboración de costales.

Tratamiento a la fibra de fique

Sabiendo que las fibras del fique son biodegradables, al ser orgánicas se procedió hacer el siguiente tratamiento para asegurarnos de que pueda resistir y perdurar al ser mezclada con la tierra.

Proceso de Tratamiento alcalino

Por naturaleza las fibras de fiques es hidrofílica, lo que significa que tiende a tener afinidad con el agua, lo mismo pasa con la tierra que tiende a absorber el líquido, al permitir esto las fibras del fique se deteriorara y no se tendría buenos resultados.

Lo que se pretende con este tratamiento es reducir su propiedad hidrofílica, modificando las fibras a hidrofóbicas, lo que quiere decir que no absorba el agua, en otra parte también se modificarían las propiedades físico-mecánicas favoreciendo esta cualidad.

Paso 1

En la investigación realizada por (JOSÉ SANTIAGO GÓMEZ P., 2009) él realiza varios ensayos con diferentes concentraciones de NaOH (hidróxido de sodio) tiempos de inserción y tiempos de secado a diferentes temperaturas.

En este trabajo se decidió ocuparse de dos concentraciones para comprobar personalmente cual actuaba mejor.



Ilustración 21 implementos para el proceso de alcalinización

En este proceso se usó 3 gramos de fibra de fique.

Muestra 1: 150 ml de NaOH al 2% de concentración p/v (peso sobre volumen) tiempo inmersión: 60 minutos.

Muestra 2: 150 ml de NaOH al 5% de concentración p/v. Tiempo de inmersión: 30 minutos.



Tabla 13 lavado con NaOH y ácido acético

Las dos muestras fueron lavadas con ácido acético al 50 % de concentración hasta neutralizar la acidez de la fibra.

El medidor de pH es un instrumento utilizado para medir la acidez o la alcalinidad de una solución. Si es mayor de 7 el pH es básico, entre 6 y 7 el pH es neutro, menor de 6 el pH es ácido

- 1- El pH de la fibra de fique al natural
- 2- El pH de la fibra de fique sumergida en NaOH
- 3- El pH de la fibra de fique lavada con ácido acético

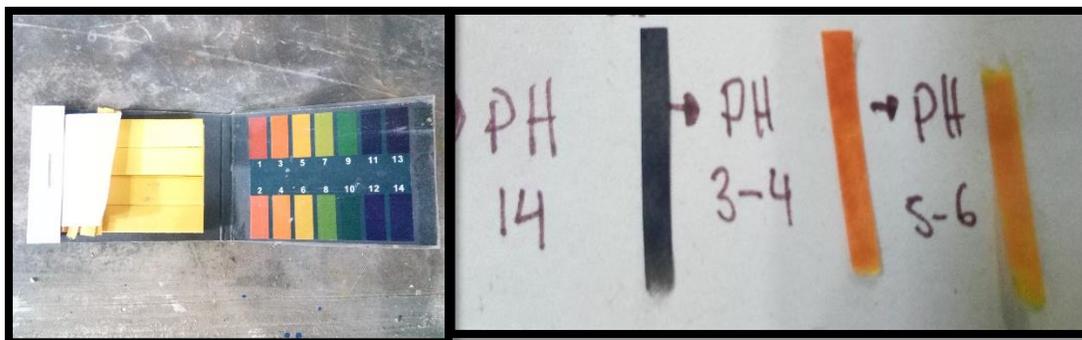


Tabla 14 medidor de pH

Las 2 muestras fueron secadas a 30° durante 3 días. Debido a que la maquina universal de la universidad de pamplona donde se ejecutan las pruebas de compresión, tracción, flexión y demás, no contaba con la herramienta adecuada para la prueba mecánica de tensión al fique, se procedió a seguir la investigación de (JOSÉ SANTIAGO GÓMEZ P., 2009) teniendo como resultado y mejor comportamiento mecánico la muestra con 5% de concentración NaOH.

Es por ello que se decidió hacer el proceso general con estos resultados.

Paso 2



Ilustración 22 peso del NaOH (se usó 500g)



Ilustración 23 peso del fique (200g)



Ilustración 24 lavado en 10 L de agua y NaOH 5% p/v



Ilustración 25 lavado con ácido acético 50% v/v



Ilustración 26 secado de las fibras a 30°C durante 3 días

Análisis:

Las fibras de fique presentaron un cambio físico al ser sometidas al tratamiento alcalino, están dispuestas a ser agregadas a la tierra para la producción de adobes.



*Ilustración 28 corte de las
fibras entre 5 y 10 cm*



*Ilustración 27 balanza
analítica*

5.2.3 Elaboración de los adobes

Con la ayuda del fabricante de ladrillos y adobes el señor Alberto se realizaron 12 adobes agregándole 8g 12g 20g de fique y adobe el neutral.



Ilustración 29 incorporación del fique en el proceso elaboración de los adobes

Dimensiones del adobe

Largo: 24 cm Ancho: 12 cm Alto: 8cm Peso: 4kg aproximadamente

5.2.4 Elaboración de bloque de tierra comprimida (BTC) cimva-ram



Ilustración 30 incorporación de fique en el proceso de elaboración de los BTC

Dimensiones del adobe BTC

Largo: 29 cm Ancho: 14 cm Alto: 10cm Peso: 4kg aproximadamente

1.2.4 Pruebas mecánicas



Ilustración 31 máquina universal de ensayos

Todos los adobes y bloques de tierra comprimida (BTC) tuvieron un proceso de secado de 15 días el cual es su tiempo de madurez, previamente a las pruebas mecánicas se tomaron las dimensiones, pesos y posteriormente marcados según la norma ASTM C140, a cada bloque y adobe se le aplicó una velocidad de 1.0 mm/min obteniendo los siguientes resultados por medio de gráficas de esfuerzo versus deformación.

1.2.5 Resultados mecánicos de los adobes

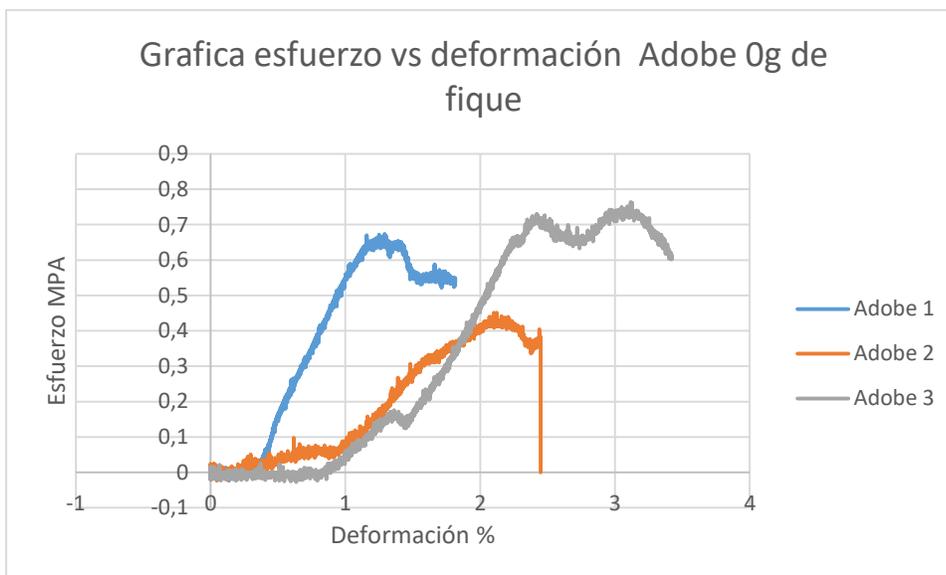


Ilustración 32 grafica adobe 0g de fique

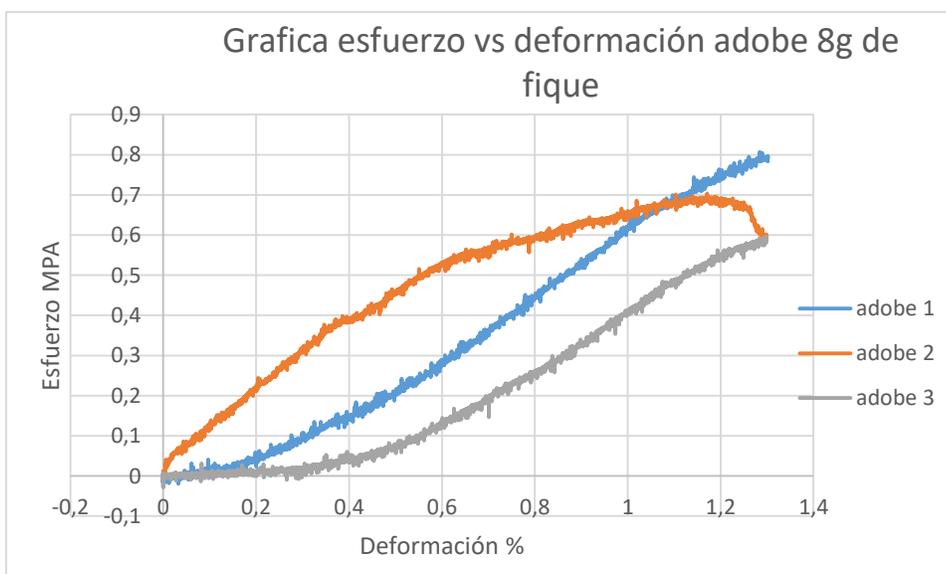


Ilustración 33 grafica adobe 8g de fique

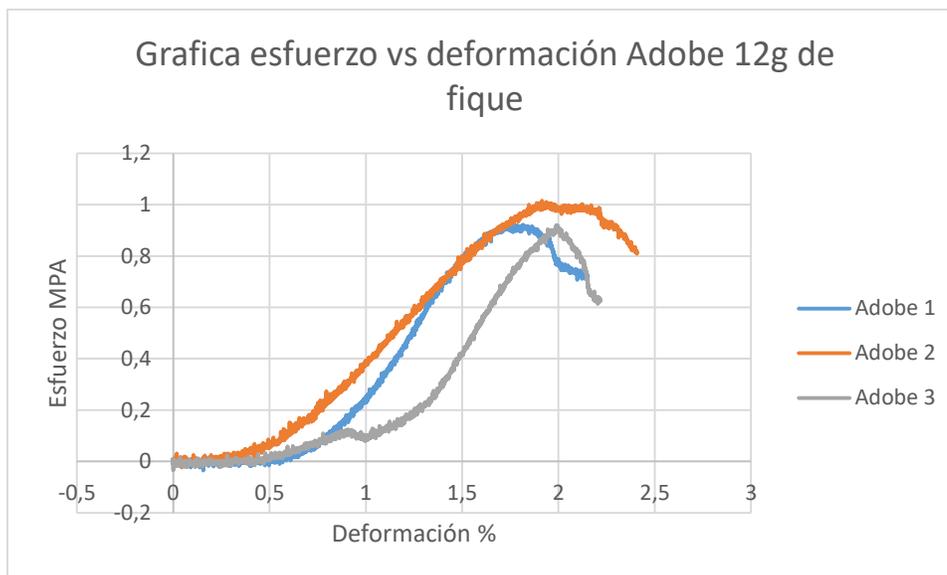


Ilustración 34 grafica adobe 12g de fique

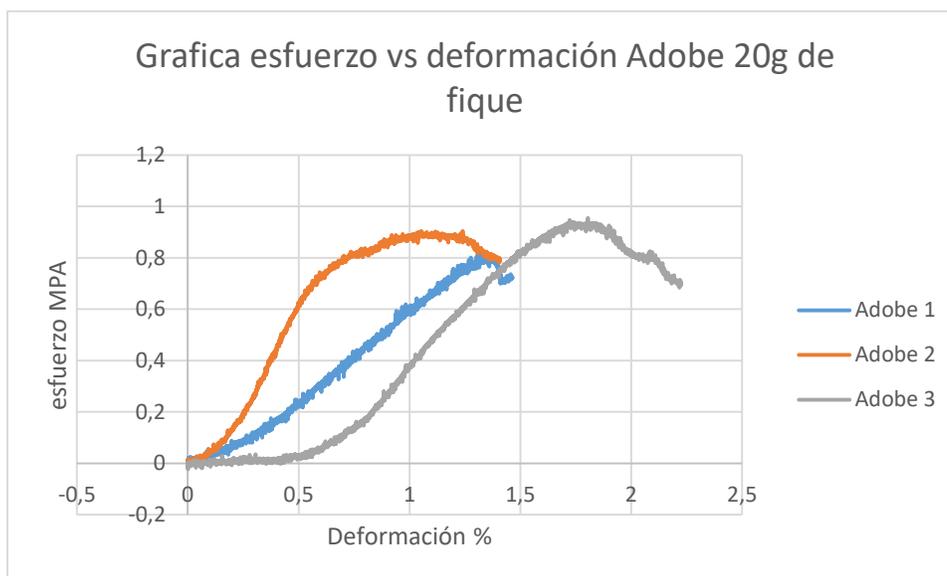


Ilustración 35 grafica adobe 20g de fique

5.2.6 Resultados mecánicos a los bloques de tierra comprimida (BTC)



Ilustración 36 grafica BTC 0g de fique

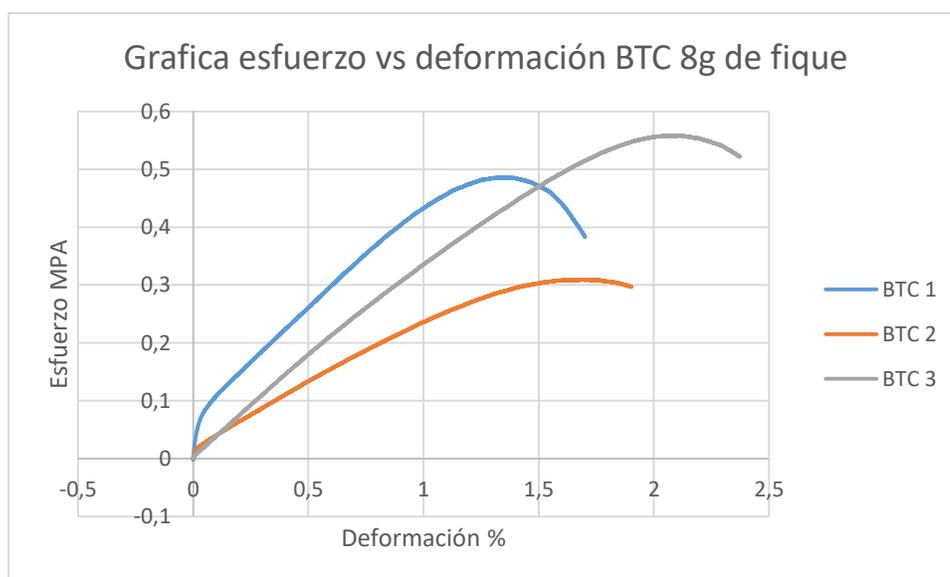


Ilustración 37 grafica BTC 8g de fique

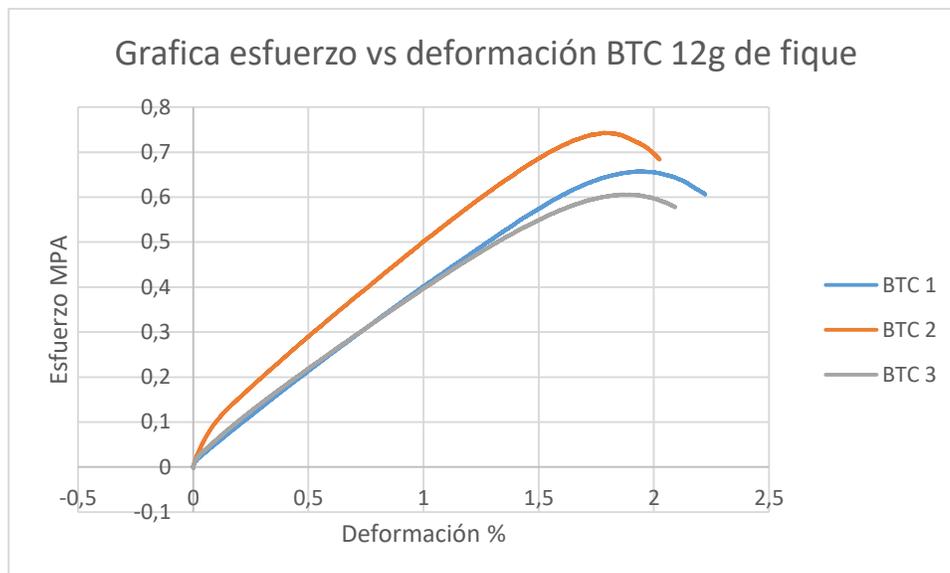


Ilustración 38 grafica BTC 12 g de fique

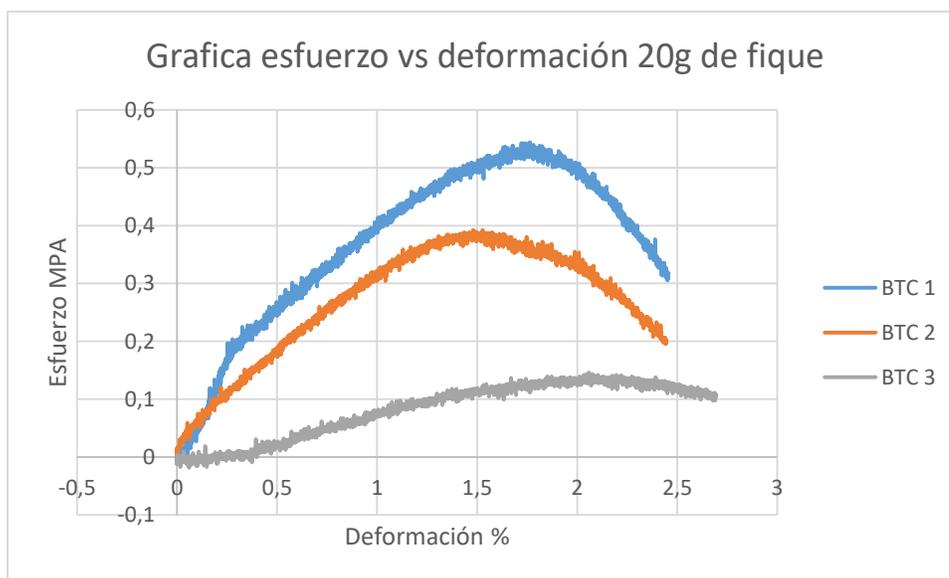


Ilustración 39 grafica BTC 20g de fique

1.2.6 Promedio

ESFUERZO MAXIMO	1	2	3	Promedio
ADOBE 0g	0,67382813	0,45117188	0,76367188	0,629557292
ADOBE 8g	0,80664063	0,703125	0,59570313	0,701822917
ADOBE 12g	0,92382813	1,015625	0,91992188	0,953125
ADOBE 20g	0,81640625	0,90429688	0,95507813	0,891927083
BTC 0g	0,04098929	0,44671879	0,31801343	0,268573833
BTC 8g	0,48622771	0,309442	0,55861607	0,451428595
BTC 12g	0,65738843	0,74343786	0,60602679	0,668951024
BTC 20g	0,54375	0,39241071	0,14598214	0,360714286

Tabla 15 promedio máximo de esfuerzo



Ilustración 41 adobe 12g mejor promedio



Ilustración 40 BTC 12g mejor promedio

Conclusiones

Según los resultados arrojados por las gráficas de esfuerzo versus deformación y los promedios máximos de esfuerzo hallados, se llegó a la conclusión que en la técnica del adobe la concentración de 12g de fique se obtuvo un promedio de 0,953125 MPA, mejorando su resistencia a la compresión en 0,27929687 MPA respecto al adobe con 0g de fique.

Según los resultados arrojados por las gráficas de esfuerzo versus deformación y los promedios máximos de esfuerzo hallados, se llegó a la conclusión que en la técnica del bloque de tierra comprimida (BTC) la concentración de 12g de fique se obtuvo un promedio de 0,668951024 MPA, mejorando su resistencia a la compresión en 0,40037719 MPA respecto al BTC con 0g de fique.

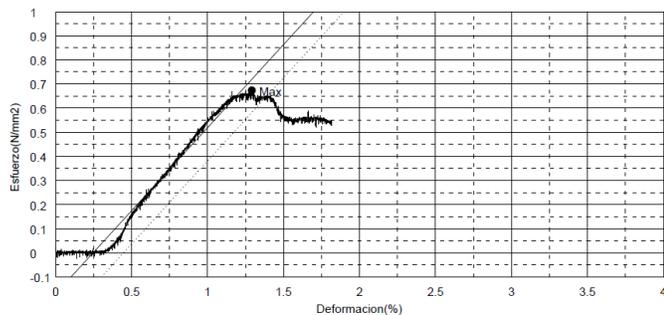
Recomendaciones

Para continuar la investigación se recomienda realizar adobes y BTC siguiendo el mismo sistema constructivo y medidas estipuladas en las muestras, también seguir realizando bloques con un rango concentración de fique 10g a 15g de manera que se halle la dosis adecuada y lograr la máxima resistencia, además aplicar ensayos mecánicos como flexión, elongación a las fibras de fique, ensayos de durabilidad a los adobes y BTC.

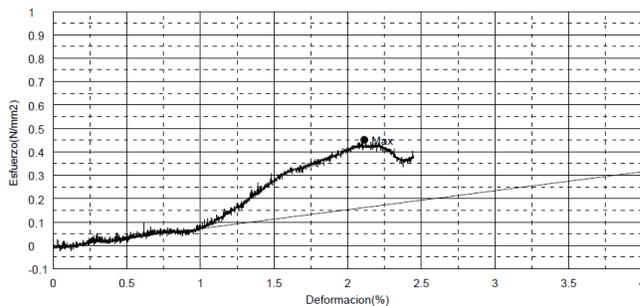
Realizar un estudio económico para determinar sus costos y el estudio de mercado.

Anexos

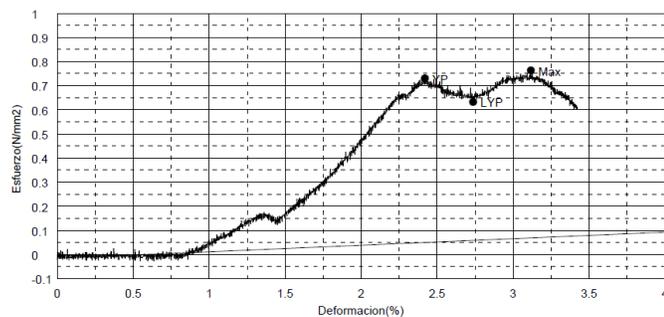
9.1 Graficas esfuerzo vs deformación de adobes y BTC



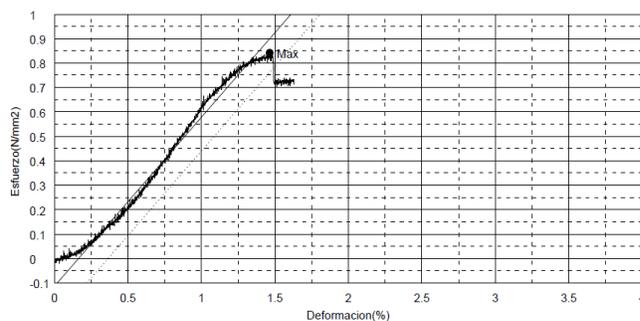
Anexo 2 adobe 0g 1



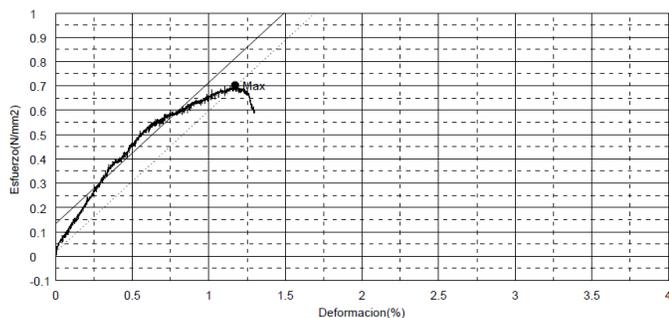
Anexo 1 adobe 0g 2



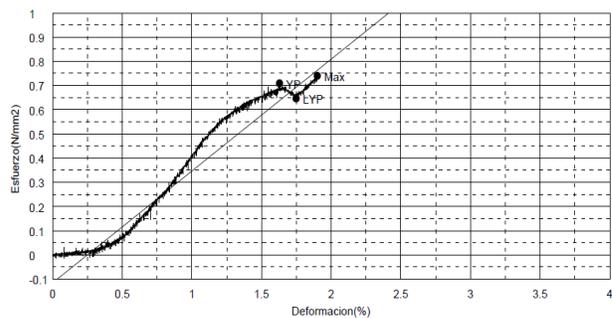
Anexo 4 adobe 0g 3



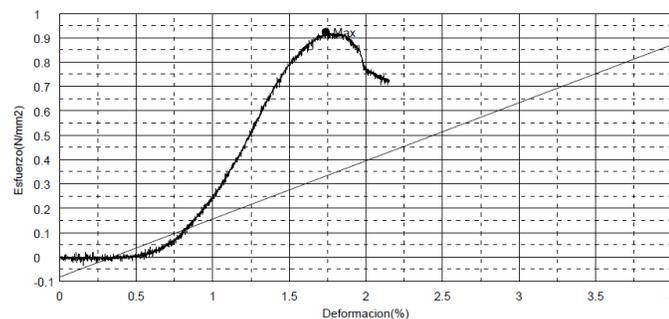
Anexo 3 adobe 8g 1



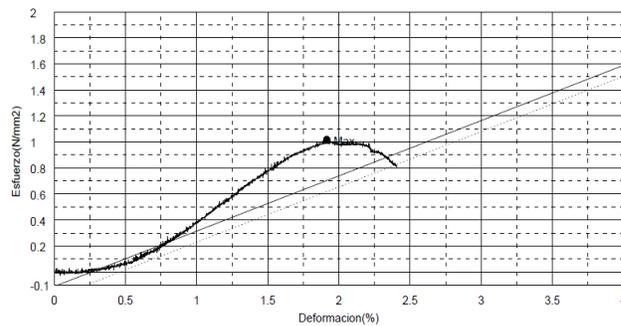
Anexo 7 adobe 8g 2



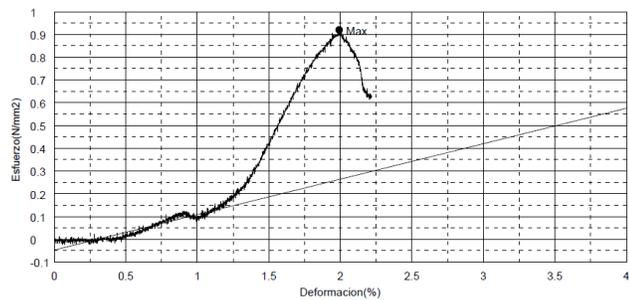
Anexo 6 adobe 8g 3



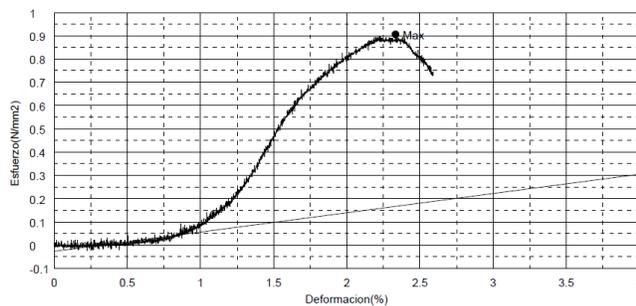
Anexo 5 adobe 12g 1



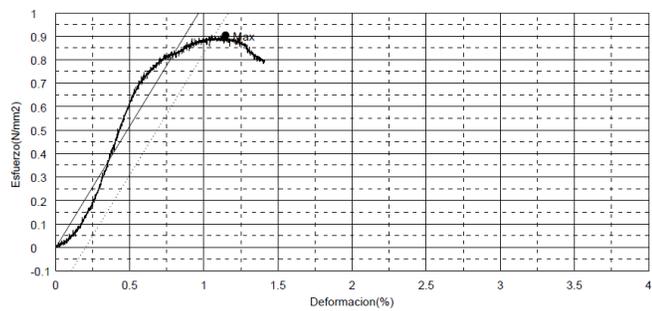
Anexo 8 adobe 12g 2



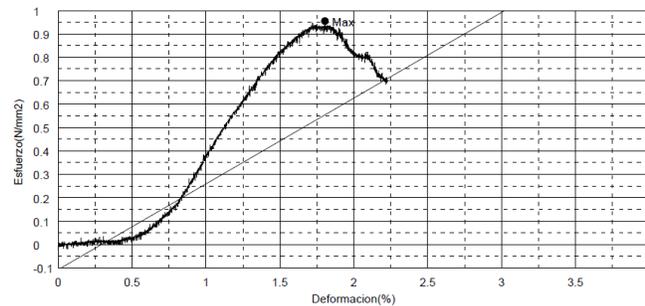
Anexo 10 adobe 12g 3



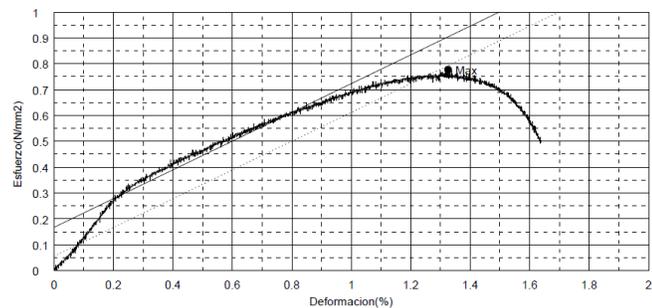
Anexo 9 adobe 20g 1



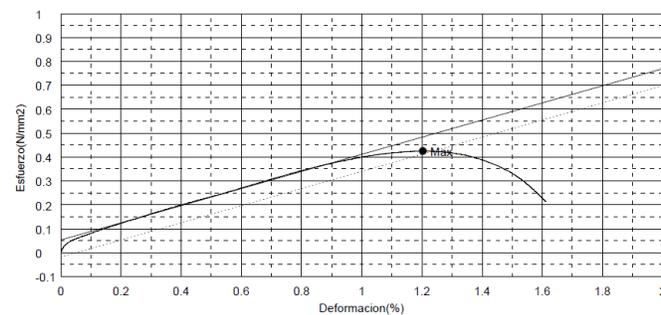
Anexo 12 adobe 20g 2



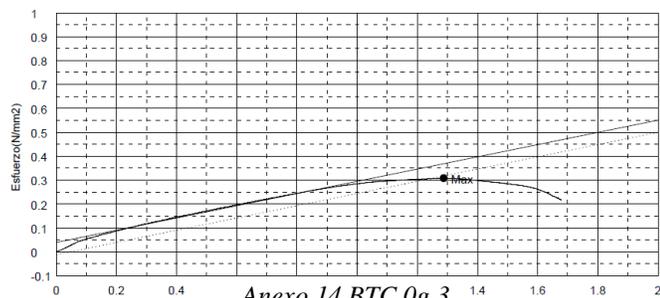
Anexo 11 adobe 20g 3



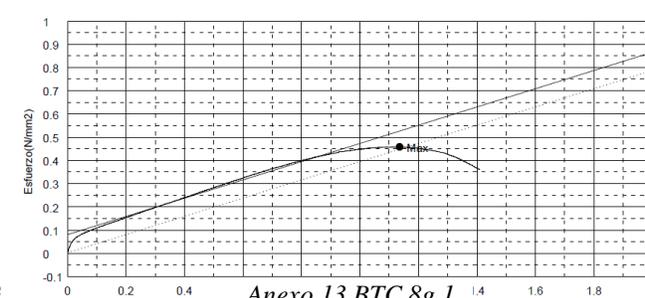
Anexo 16 BTC 0g 1



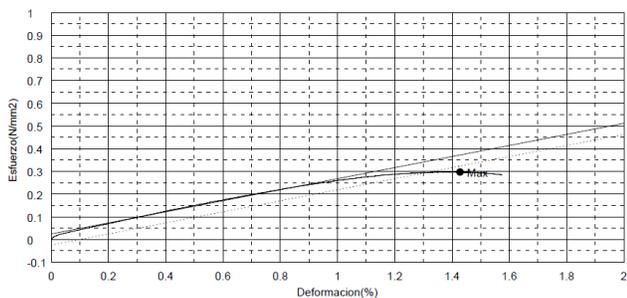
Anexo 15 BTC 0g 2



Anexo 14 BTC 0g 3



Anexo 13 BTC 8g 1



Anexo 17 BTC 8g2

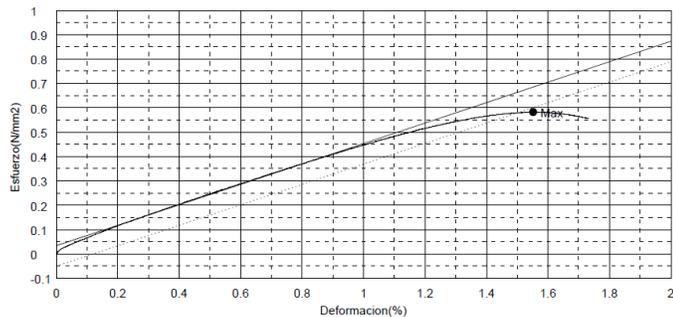
Forma Plana

	Espesor	Anchura	Altura
Unidades	mm	mm	mm
1 - 1	105,0000	140,0000	290,0000

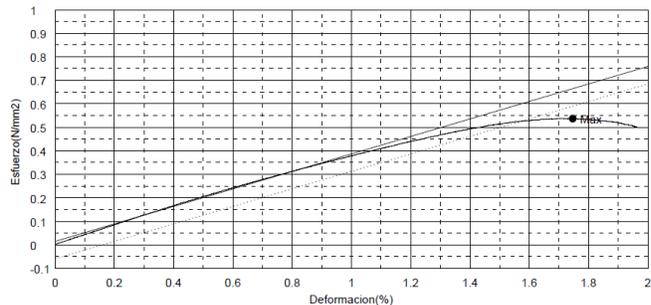
Nombre	M Elastico	PSF Carga	PSF Despl	PSF Esfuerzo	PSF Deformacion
Parametro	0,1 %	0,1 %/FS	0,1 %/FS	0,1 %/FS	0,1 %/FS
Unidades	N/mm2	N	mm	N/mm2	%
1 - 1	43,7678	--	--	--	--
Media	43,7678	--	--	--	--
Desviación Estandar	,00000	--	--	--	--
Maximo	43,7678	--	--	--	--
Minimo	43,7678	--	--	--	--
Rango	,00000	--	--	--	--
Mediana	43,7678	--	--	--	--
Media JIS	43,7678	--	--	--	--
Coef Variacion	,00000	--	--	--	--
3 Sigma	,00000	--	--	--	--

Nombre	Max_Carga	Max_Despl	Max_Esfuerzo	Max_Deformacion	I Poisson
Parametro					10000, 20000 N
Unidades	N	mm	N/mm2	%	
1 - 1	9203,44	4,66200	,62608	1,60759	--
Media	9203,44	4,66200	,62608	1,60759	--
Desviación Estandar	,00000	,00000	,00000	,00000	--
Maximo	9203,44	4,66200	,62608	1,60759	--
Minimo	9203,44	4,66200	,62608	1,60759	--
Rango	,00000	,00000	,00000	,00000	--
Mediana	9203,44	4,66200	,62608	1,60759	--
Media JIS	9203,44	4,66200	,62608	1,60759	--
Coef Variacion	,00000	,00000	,00000	,00000	--
3 Sigma	,00000	,00000	,00000	,00000	--

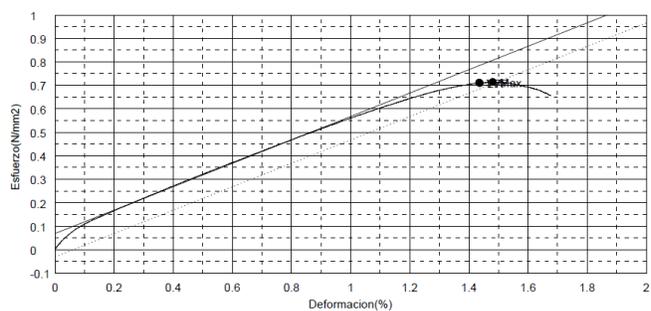
Anexo 20 BTC 12g 1



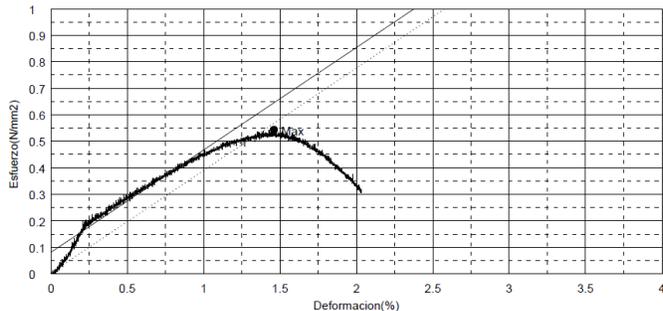
Anexo 22 BTC 12g 3



Anexo 18 BTC 8g 3



Anexo 19 BTC 12g 2

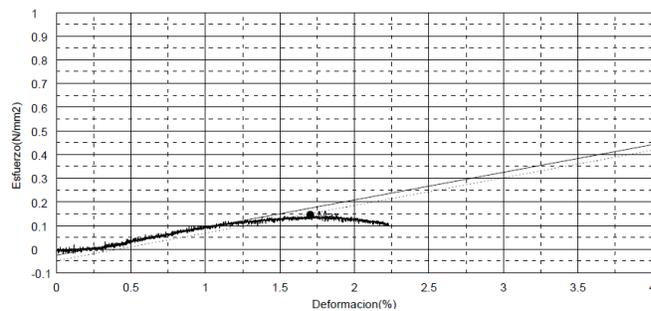


Anexo 21 BTC 20g 1

Nombre	M. Elastico	PSF Carga	PSF Despl	PSF Esfuerzo	PSF Deformacion
Parametro	0,1 - 1 %	0,1 %/FS	0,1 %/FS	0,1 %/FS	0,1 %/FS
Unidades	N/mm2	N	mm	N/mm2	%
T - 1	32,6313	--	--	--	--
Media	32,6313	--	--	--	--
Desviación Estandar	,00000	--	--	--	--
Maximo	32,6313	--	--	--	--
Minimo	32,6313	--	--	--	--
Rango	,00000	--	--	--	--
Mediana	32,6313	--	--	--	--
Media JIS	32,6313	--	--	--	--
Coef Variacion	,00000	--	--	--	--
3 Sigma	,00000	--	--	--	--

Nombre	Max_Carga	Max_Despl	Max_Esfuerzo	Max_Deformacion	I Poisson
Parametro	N	mm	N/mm2	%	10000, 20000 N
Unidades	N	mm	N/mm2	%	
T - 1	5493,75	3,60900	,39241	1,24448	--
Media	5493,75	3,60900	,39241	1,24448	--
Desviación Estandar	,00000	,00000	,00000	,00000	--
Maximo	5493,75	3,60900	,39241	1,24448	--
Minimo	5493,75	3,60900	,39241	1,24448	--
Rango	,00000	,00000	,00000	,00000	--
Mediana	5493,75	3,60900	,39241	1,24448	--
Media JIS	5493,75	3,60900	,39241	1,24448	--
Coef Variacion	,00000	,00000	,00000	,00000	--
3 Sigma	,00000	,00000	,00000	,00000	--

Anexo 24BTC 20g 2



Anexo 23 BTC 20g 3

Se anexa link de manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada donde pueden profundizar en los temas de interés

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/98/Adobe_sistema_constructivo.pdf

Tabla anexos

Anexo 1 adobe 0g 2.....	65
Anexo 2 adobe 0g 1.....	65
Anexo 3 adobe 8g 1.....	65
Anexo 4 adobe 0g 3.....	65
Anexo 5 adobe 12g 1.....	65
Anexo 6 adobe 8g 3.....	65
Anexo 7 adobe 8g 2.....	65
Anexo 8 adobe 12g 2.....	65
Anexo 9 adobe 20g 1.....	66
Anexo 10 adobe 12g 3.....	66
Anexo 11 adobe 20g 3.....	66
Anexo 12 adobe 20g 2.....	66
Anexo 13 BTC 8g 1	66
Anexo 14 BTC 0g 3	66
Anexo 15 BTC 0g 2	66
Anexo 16 BTC 0g 1	66
Anexo 17 BTC 8g2	67
Anexo 18 BTC 8g 3	67
Anexo 19 BTC 12g 2	67
Anexo 20 BTC 12g 1	67
Anexo 21 BTC 20g 1	67
Anexo 22 BTC 12g 3	67

Anexo 23 BTC 20g 3	68
Anexo 24BTC 20g 2	68

Referencias

- andres cardona. (2018). En Colombiatex presentaron elaboración de denim con fique. Retrieved June 2, 2018, from <https://www.agronegocios.co/tecnologia/en-colombiatex-presentaron-elaboracion-de-denim-con-fique-2623182>
- Aparecida, A., Corrêa, R., Marin, L., Perazzo, N., Paula, T. De, Aguiar, N. De, ... Tonoli, D. (2015). Incorporation of bamboo particles and ““ synthetic termite saliva ”” in adobes, 98, 250–256. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.06.009>
- Araya-letelier, G., Concha-riedel, J., Antico, F. C., Valdés, C., & Cáceres, G. (2018). Influence of natural fiber dosage and length on adobe mixes damage-mechanical behavior. *Construction and Building Materials*, 174, 645–655. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.04.151>
- Auto Constructor Consciente: CONSTRUCCIÓN CON TIERRA Y BARRO I, CARACTERÍSTICAS, PRUEBAS Y ENSAYOS SENCILLOS. (2014). Retrieved June 1, 2018, from <http://autoconstructor.blogspot.com/2014/01/construccion-con-tierra-y-barro.html>
- Bola, S. R. (n.d.). El uso masivo de la tierra como material de construcción en.
- De, A. C., Sismica, I., & Social, R. E. D. D. E. S. (n.d.). Manual para la rehabilitación de viviendas construidas en adobe y tapia pisada.
- Delgada, P., Brocas, P. C. O. N., En, I., Sitio, E. L., Muestras, T. D. E., Suelo, I. D. E., ... Lambe, A. D. E. (n.d.). ES AC IO AS AS ES IO IN.
- DENSIDAD_REAL_APARENTE_Y_POROSIDAD_DEL_S. (n.d.).
- el diario. (2015). PAGINA VERDE - Subproductos a partir de la extracción de fibras del fique- Edición electrónica Diario del Otún. Retrieved June 2, 2018, from <http://www.eldiario.com.co/seccion/PAGINA+VERDE/subproductos-a-partir-de-la->

extracci-n-de-fibras-del-fique1506.html

GUERRERO BACA, Luis Fernando; SORIA LÓPEZ, F. J. (2015). “Sostenibilidad de la edificación con tierra vertida compactada (TVC) en viviendas sociales para México.”

Jaime del Río. (2012). La historia que se esconde tras las fibras del fique. Retrieved from <http://www.vanguardia.com/santander/region/162491-la-historia-que-se-esconde-tras-las-fibras-del-fique>

JOSÉ SANTIAGO GÓMEZ P. (2009). DISEÑO DE UN MATERIAL COMPUESTO CON FIBRA NATURAL PARA SUSTITUIR LA UTILIZACIÓN DE LA FIBRA DE VIDRIO.

Nathalia, L., & Quintero, A. (2017). No Title.

Resistencia a la compresión de bloques de concreto, adoquines y ladrillos. (n.d.), 140.

sanchis. (n.d.). La arquitectura de tierra. evolución a través de la historia.

SENCICO. (2017). Norma Técnica Peruana E.080 Diseño Y Construcción Con Tierra Reforzada. *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Retrieved from http://procurement-notices.undp.org/view_file.cfm?doc_id=109376

Sistema de Notación Munsell y CIELab como herramienta para evaluación de color en suelos *

Munsell Notation System and CIELab as a tool for evaluation colors in soils Resumen. (2012).

Yuste, B. (n.d.). Arquitectura de tierra.