

**BTC CON ADICIÓN DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA COMO SOLUCIÓN A LA
AUTOCONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA EN ZONA RURAL DEL MUNICIPIO DE
NIMAIMA**

Karen Bustamante Orjuela

Danny Mendoza Mantilla

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al

título de:

Arquitecto

Director (a):

Arquitecto José Alcides Ruiz

Línea de Investigación:

Hábitat Tecnológico y Construcción

Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Bogotá, Colombia

2017

1 Contenido

2	APÉNDICE: ABREVIATURAS	1
3	RESUMEN	2
4	INTRODUCCIÓN	4
5	ANTECEDENTES HISTÓRICOS	6
6	FORMULACIÓN PROBLEMA	8
7	JUSTIFICACIÓN	9
8	HIPÓTESIS	11
9	OBJETIVOS	12
	9.1 Objetivo General	12
	9.2 Objetivos Específicos.....	12
10	MARCO REFERENCIAL	13
	10.1 Tierra.....	13
	10.1.1 Prueba de suelos:	16
	10.1.2 Procedimiento:	16
	10.1.3 Selección de la tierra	16
	10.1.4 Pruebas manuales	16
	10.1.5 Estabilización y preparación de la mezcla	17
	10.2 BTC. Bloques de Tierra Comprimida.....	20
	10.2.1 Fabricación BTC	21
	10.3 CBC. Ceniza de bagazo de caña.....	24
	10.4 Guadua	28
11	MARCO CONCEPTUAL	30
	11.1 Auto construcción.....	30

	11.2	Vivienda de bajo costo	31
	11.3	Area rural.....	32
	11.4	Transferencia tecnológica.....	34
12		MATERIALES & METODOS.....	36
	12.1	Metodología.....	36
	12.2	Selección Tierra	37
	12.3	Pruebas manuales Adobes	39
	12.4	Pruebas Bloques Pequeños	41
	12.5	Prueba Adobe Autóctono	42
	12.6	Mezcla segun Protierra.....	43
	12.7	Composición CBC Vereda Cálamo	45
	12.8	Ensayos de Laboratorio	47
	12.8.1	Ensayo Compresión Seca	47
	12.8.2	Ensayo Flexión	48
	12.8.3	Prueba de Adsorción por Capilaridad	48
	12.8.4	Prueba de Inmersión	51
	12.9	Análisis del Sector Seleccionado	52
	12.9.1	Tipología de viviendas Vereda Cálamo	52
	12.9.2	Análisis Climatológico	60
	12.10	Transferencia tecnológica Vereda Calamo	63
13		RESULTADOS.....	64
	13.1	Pruebas Manuales	64
	13.2	Prueba Laboratorio.....	66
	13.2.1	Prueba Compresión Bloques 5x5x5cm	66

13.2.2	Prueba Compresión adobe autóctono	67
13.2.3	Resultado Prueba Compresión BTC	68
13.2.4	Prueba de Absorción	69
13.2.5	Prueba de Inmersión.....	71
13.2.6	Prueba Flexión.....	73
14	PROPUESTA VIVIENDA	74
15	CONCLUSIONES	83
16	LOCALIZACIÓN.....	85
17	BIBLIOGRAFÍA	87

2 Apéndice: Abreviaturas

Bloques de tierra comprimida	BTC
Ceniza de caña de azúcar	CBC
Micrómetro	μm
Mega pascal	MPa
Kilo newton	kN
Sílice	SiO ₂
Oxidó de Aluminio	Al ₂ O ₃
Óxido de hierro	Fe ₂ O ₃
Óxido de calcio	CaO

3 Resumen

Nimaima es un municipio de Cundinamarca productor de panela, valiéndose de trapiches para la extracción del preciado jugo de la caña, de cuyo proceso se obtiene el bagazo utilizado en la quema para la combustión de los trapiches. De esta quema se obtiene la ceniza que es desechada sin tener en cuenta sus grandes propiedades como puzolana natural rica en Sílice. Estudios realizados a la ceniza como reemplazo parcial del cemento para fabricar bloques, demuestran que es posible incluir la ceniza como aditivo en la fabricación de BTC, (bloques de tierra comprimida) por sus niveles aceptables de desarrollo de resistencias. ¹ De igual forma el uso de guadua tipo *Angustifolia Kunth* por su gran valor estructural como material constructivo.

La múltiple variedad de materiales que se encuentran en el entorno, son desaprovechadas por el desconocimiento o por la incredulidad. Ha hecho dependiente al hombre de materiales industrializados cuyo proceso demandan de grandes cantidades de energías no renovables, como lo son bosques maderables o el gas natural, contribuyendo a la creación de gases tipo invernadero que son una amenaza a la humanidad.

En contravía a esto se pretende generar una solución de vivienda rural con materiales autóctonos en el municipio de Nimaima Cundinamarca, donde sea la misma población la que se apropie de ellos mediante la autoconstrucción, junto a un plan estratégico de transferencia

¹ Investigadores de la Escuela Politécnica Superior de Linares de la Universidad de Jaén han evaluado la viabilidad de utilizar las cenizas procedentes del proceso de combustión de biomasa como material alternativo al cemento en la elaboración de bloques de construcción. “An evaluation of bottom ash from plant biomass as a replacement for cement in building blocks”. 2014.

tecnológica, implementar este sistema para ayuda a solventar la necesidad de vivienda en zona rural de Nimaima, contribuyendo económica, social, y ambientalmente a su comunidad.

PALABRAS CLAVE: Vivienda rural, autoconstrucción, transferencia tecnológica, BTC, CBC, sostenibilidad.

4 Introducción

En los orígenes de la humanidad las primeras viviendas y ciudades fueron construidas con tierra cruda. Hoy en día se construye con materiales que consumen mucha energía de difícil reciclaje y generalmente contienen elementos tóxicos, siendo el sector de la construcción uno de los principales productores de residuos y devoradores de materiales y energía. Se hace indispensable replantear la forma en que se están produciendo estos materiales y de cómo la gente se apropia de estos. La industrialización ha marginado los sistemas vernáculos catalogándolos de ineficientes y de mala calidad, cuando en realidad fueron sistemas sostenibles que no produjeron ningún impacto ambiental, como el caso de la tierra disponible en cualquier lugar y de forma abundante, un material vivo, que purifica las toxinas entre otras cualidades. Desafortunadamente no se le ha dado la importancia que merece como un sistema capaz de cumplir con los estándares técnicos para ayudar a cubrir la demanda de vivienda en el mundo.

Se debe tener en cuenta la forma en que el ser humano se apropia de sus recursos ya que actualmente el mundo está obsesionado por el consumismo donde la tecnología pasa a facilitar y acelerar los procesos de producción, estos alimentados por energías no renovables consumen paulatinamente los recursos del planeta hasta agotarlos lentamente, punto crucial para la supervivencia ya que no hay gran fuerza por parte de la industria por fabricar productos sostenibles que ayuden a cambiar la mentalidad destructiva y consumista que se tiene.

Se pretende mediante esta investigación difundir el conocimiento de la autoconstrucción de vivienda con materiales locales utilizando bloques de tierra comprimida con adición de ceniza de caña de azúcar como material de cerramiento y la guadua como parte estructural, con el que se propondrá un módulo habitacional cuyo proceso constructivo se ilustrara paso a paso

mediante una cartilla que será transmitida a la vereda del Cálamo del municipio de Nimaima Cundinamarca. Como una oportunidad social y económica de incentivar a esta y demás comunidades a apropiarse de sus recursos y trabajar en pro de mejorar su calidad de vida.

5 Antecedentes Históricos

Los terrenos en los cuales se construyen las viviendas típicas en adobe y bahareque en el municipio de Nimaima son de suelos areno-arcillosos o arcillas puras, se elige la ubicación de manera estratégica mediante algunos parámetros, como lo son la humedad del terreno y la calidad del suelo, características que se verifican realizando perforaciones de más o menos 50 centímetros de profundidad para extraer un material libre de materia orgánica, a su vez utilizaban boñiga de vaca, pelos, ramas que era mezclada con tierra y agua.

La construcción de la vivienda empezaba en forma individual por el futuro dueño, él se encarga de sentar las bases de madera o guadua, sobre las que se montaba la estructura de la construcción, según entrevistas y recorridos exploratorios realizados con la comunidad comentan que se construía manualmente consiguiendo tierra de diferentes veredas que eran traídas por medio de bestias que empleaban a su vez para mezclar la tierra, tarea que también era utilizada tanto hombres como mujeres empleando sus pies para conseguir la mezcla deseada.

Para sus viviendas empleaban paredes de adobe y otras en bahareque mediante una planta rectangular, también utilizaban la “Papata” para sus cubiertas siendo una planta autóctona cuya hoja es muy resistente. Generalmente las casas eran inestables debido a que no contemplaban la lluvia, lo que generaba el deterioro de las viviendas de abajo hacia arriba desestabilizándola hasta llevarla al colapso cuyo mantenimiento se realizaba cada tres años. Estas viviendas podían durar de 15 a 50 años, actualmente se encuentran algunas de estas viviendas en el área rural y en el área urbana, pero en condiciones no habitables. La ubicación de estas viviendas es por lo general cerca a fuentes de agua y a las huertas familiares, algunas veces se encuentran cercanas a su lugar de producción individual. (fuente propia).



Ilustración 1 y 2. Viviendas en tierra. Elaboración propia Tomada el 12/09/2016

6 Formulación Problema

¿Cómo realizar un aporte a la necesidad de vivienda, mediante la técnica del BTC con adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la vereda el Cálamo en el municipio de Nimaima Cundinamarca, aprovechando los recursos del lugar?

7 Justificación

Nimaima es un municipio ubicado en la provincia del Gualivá en el departamento de Cundinamarca, cuenta con 3.133 habitantes, 1.015 en la cabecera municipal y 2.118 se ubican en zona rural con su mayor habitabilidad. Predomina el material para las paredes en bloque o ladrillo en un 43.42% y el 43.13% está construido con bahareque (. En los techos utilizan la teja de zinc un 82.38%, con porcentajes muy pequeños 0.3% son de paja o papata (planta autóctona) (P. D. N, 2015).

Cuenta con 1.007 hogares, distribuidos en 906 viviendas, tiene un déficit cuantitativo de vivienda del 28% (P.N.D, 2014). Estudiando los programas y subsidios que ofrece el gobierno en mejoras habitacionales y constructivas en la vivienda de interés social para el área rural, se busca implementar en la vereda el Cálamo la construcción en tierra mediante un sistema de BTC con adición de ceniza de caña como aglomerante. La tierra contiene suelos arcillosos estrato 312 según el Instituto Colombiano de Geología y Minería Ingeominas se caracteriza por su alta rigidez y resistencia, además contiene calcárea que está hecha de calcio, y lulitas una roca sedimentaria conformada por minerales arcillosos, (Alarcon, 2014). Esta composición es indispensable en la construcción con tierra ya que la arcilla actúa como aglomerante que une las partículas mayores, como lo hace el cemento en el hormigón (Minke, 2011).

Aprovechando las condiciones del suelo se propone el sistema constructivo de BTC, sus ventajas comparadas con los ladrillos convencionales las superan en todos los aspectos haciendo 100% sostenible, de bajo impacto ambiental y muy económico, es ideal para trabajar con la comunidad la auto construcción de vivienda a través de la trasferencia tecnológica por su fácil aplicación.

Teniendo en cuenta que la principal actividad económica del sector es la agricultura, sobresaliendo la caña de azúcar produciendo anualmente 7.236,0 toneladas aprox. en una extensión de 2.270 hectáreas, cuyo rendimiento promedio de 3 tn / ha. (Planeación, 2016). De esta se obtiene el bagazo que es quemado para dar energía a los trapiches. De cada tonelada de bagazo quemado se obtiene 25 kg de ceniza (CBC), siendo el residuo final desaprovechado ya que este tiene propiedades puzolanas. Se determina si un material es puzolanico si contiene en su composición hay un 70% de óxido de aluminio, óxido de hierro y oxido de calcio. Legándose a encontrar hasta un 95% de estas adiciones en la CBC. (OSSA, 2013)

Se pretende generar un módulo habitacional con materiales autóctonos, utilizando el BTC con adición de CBC para la mampostería y la guadua tipo *Angustifolia Kunth* como estructura. Esto con el fin de ayudar a cubrir el déficit habitacional que hay en Nimaima del 28% según el (PND 2014-2018).



Ilustración 2. Diagrama justificación. Fuente propia.

8 Hipótesis

Con la utilización del BTC para la construcción de vivienda se busca re implementar el uso de la construcción con tierra aplicado a este sistema, se pretende incentivar a la comunidad a que conozca las bondades de esta técnica y a su vez contribuir a la obtención de vivienda en zona rural del municipio de Nimaima, mediante el diseño de una unidad habitacional, brindar las herramientas para la capacitación de esta población en el uso de esta técnica constructiva. Ayudando a disminuir la demanda de vivienda, así como disminuir sus gastos, ya que la gran mayoría de materiales industrializados puede llegar a superar los costes en tres o cuatro veces más, como es el caso de la compra de materiales en Bogotá a la cual hay que sumarle gastos de envío y demás.

Mediante esta investigación se busca posicionar a la tierra, la ceniza de la caña de azúcar y la guadua como materiales autóctonos capaces de brindar calidad de vida a bajo costo dentro de las opciones de una vivienda de calidad para este sector rural. Con un alto impacto positivo en lo social, lo ambiental y lo económico, mejorando a su vez las condiciones de este sector, trayendo consigo bienestar y progreso a la comunidad.

9 Objetivos

9.1 Objetivo General

Plantear un prototipo de vivienda autoconstruida para la vereda el Cálamo del municipio de Nimaima Cundinamarca, a partir del uso del bloque de tierra compactada con adición de ceniza de bagazo de Caña de azúcar y materiales de la región.

9.2 Objetivos Específicos

- 1- Determinar las condiciones climáticas, físicas y sociales de la vereda el Cálamo
- 2- Identificar las características y tipologías de vivienda del sector, para generar un modelo de vivienda de bajo costo.
- 3- Caracterizar el material a partir de un diseño de mezcla para la fabricación de un BTC, enfocado a la vivienda de bajo costo en la vereda el Cálamo.
- 4- Proponer un diseño de vivienda y a si transferir el conocimiento tecnológico mediante una cartilla que enseñe el manejo del BTC y la autoconstrucción.

10 Marco Referencial

10.1 Tierra

La tierra es un material utilizado en la construcción durante mucho tiempo ha proporcionado resguardo y confort térmico al hombre, es un material que regula la humedad interior. Siendo la humedad una de las principales causas que influye en el bienestar de los habitantes, la tierra parece una solución idónea para contrarrestar esto ya que los muros fabricados con tierra debido a su densidad son porosos, lo que permite que la humedad fluya y no se estanque en un punto, generando una humedad relativa entre el 40 - 65%. Según Etchebarne, R. Piñero, G. (2006). Si la humedad relativa de un espacio es mayor al 50% a 80%, los muros pueden llegar absorber hasta 30 veces su humedad comparado con los muros fabricados con ladrillos cerámicos en tan solo 2 días. Etchebarne afirma que tanta humedad pudiese llegar afectar las paredes, pero lo único que ocurre es que solo se humedece, pero no se ablandan ni parece que pierda sus propiedades.

La tierra tiene la propiedad de almacenar energía lo que se conoce como inercia térmica, esta almacena la energía en su interior y luego la devuelve cuando la temperatura del exterior cambia. Cuando un muro está expuesto a la radiación solar, es en la noche que empieza a dispersarse el calor que recibió del día, este proceso dura aproximadamente 10 horas. (Chavarria, 2009).

Ademas es un material aislante al ruido, ya que impide que las ondas se desplacen por medio de la reverberación convirtiéndolo en un aislante ideal para los ruidos no deseados, llegando incluso a superar el de muros cerámicos. (Roux, R. 2010).

Tabla 1.
Comparación resultados de otros materiales

Características	Unidades	BTC	BTC	Adobe	Ladrillo cocido
		estabilizado			
Dimensiones	cm ²	9.5x14x29	9.5x14x29	0x20x10	22x10.5x6.5
Densidad aparente	Kg/m ³	1900-2.200	1700-2200	1200-1500	1200-1900
Adsorción	%	5 - 10	-	-	0.1 – 0.2
Compresión	MPa	2 a 6	1 a 4	0.53 a 1.72	15 - 32
Flexión	MPa	0.5 a 2	-	0 a 0.075	-

Fuente: Valores obtenidos de otros ensayos. Craterre

Lo más importante es que contribuye al medio ambiente ya que para su fabricación no requiere de ningún proceso que demande energías no renovables, siendo el caso de hectáreas de bosques maderables arrasados o yacimientos de gas natural. Solo para su fraguado basta dejarlo a temperatura ambiente protegido de la intemperie y a la semana ya estará listo para ser utilizado, el tiempo que falte para su fraguado puede desarrollarse sin ningún problema en el transcurso de la construcción del proyecto. (Padrón, J. Ruiz, E. 2015).

En su composición se encuentra una mezcla de arcilla, limos y arena, llegando a encontrar también pequeñas proporciones de gravas y piedras. La arcilla es diferente a los demás elementos pues genera cohesión entre las partículas, pero cuando es expuesta al sol por adsorción de capilaridad empiezan aparecer grietas. Se deberán rechazar las tierras que contengan materia orgánica, se aconseja utilizar la tierra que está por debajo de los 50 cm. Minke. G. (2011).



Arena 55 %



Limos 20 %



Arcilla 20%



Material orgánico 15 %



Tierra



Cernir



Mezcla tierra, arena, cemento, ceniza de bagazo de caña

60% arena - 40 de arcilla% - cemento 75% ceniza quemada a una temperatura de 600 Co 25%.

Tabla 2.
Técnicas en tierra

TÉCNICA	Mpa-Compresión	λ -W/mk-Conductividad	Ra (db) comp. Acústico
BTC	6	0,81	56,32
ADOBE	1,5	0,46	53,04
TAPIAL	4	1,6	57,85
BAHAREQUE		0,2	43

Tabla de recopilación sobre las propiedades de las diversas técnicas en tierra. (Fuente: Elaboración propia)

10.1.1 Prueba de suelos

Una malla de 1/4" a 3/8" (6mm a 10mm)

- una pala.
- un balde.
- un envase transparente de boca ancha.
- una caja de madera con dimensiones internas 60x4x4cm.

10.1.2 Procedimiento

- tamizar la tierra por una malla de 1/4" o 4,8 mm. (# 4)
- poner dentro de la botella de boca ancha tierra hasta la mitad.
- agregar dos cucharaditas de sal
- llenar la botella con agua y tape.
- agitar la botella por dos

10.1.3 Selección de la tierra

Se tomaron 3 muestras de tierra de diferentes lugares. Después de ser examinadas mediante pruebas manuales y visuales para identificar si es apropiada.

Se debe llevar a cabo una evaluación del terreno para asegurarse que la tierra es adecuada para elaborar los ladrillos. Se han creado varias pruebas económicas y sencillas para poder examinar la calidad de la tierra de una manera efectiva. Se busca subsuelo con pocas piedras y de calidad fina.

10.1.4 Pruebas manuales

Ensayo de olor: debe ser inodoro, con matices a moho

- Ensayo de lavado
- Ensayos de corte

- Ensayo de sedimentación
- Ensayo de caída de bola
- Ensayo de consistencia
- Ensayo de cohesión
- Ensayo de ácido clorhídrico

Pruebas tomados de (Minke, 2011)

En cuanto a la ceniza se analizarán las muestras de ceniza de diferentes trapiches locales, para clasificarlos para obtener una uniformidad en el tamaño de las partículas a utilizar, mediante un tamiz no. 4 (# 4,8 mm). Estas se someterán a diferentes pruebas para saber cuál es la dosificación ideal para la adición en el BTC.

10.1.5 Estabilización y preparación de la mezcla

Primero, la tierra se debe cernir para eliminar elementos foráneos. Después, se debe mezclar la tierra con un estabilizador para maximizar la fuerza, generalmente cemento, pero también se puede usar piedra/caliza. En este caso se mezclará con CBC el estabilizador debe ser mezclado a fondo con la tierra, y posteriormente se le agrega agua.

La vivienda es un derecho que le pertenece a todos, regido por el artículo 51 de la constitución política de Colombia. Promueve planes de vivienda de interés social adecuados a las condiciones económicas de sus beneficiarios para una fácil financiación a largo plazo, así mismo obliga a las autoridades estatales a tener en cuenta a la población vulnerable para que puedan acceder a una vivienda digna. (Constitución. 1999)

En la actualidad se ha empezado masificar el uso de la tierra como material constructivo por su economía gracias a su fácil obtención y sus propiedades, además contribuye al tejido social. Es el caso de la urbanización creada por la fundación casa viva en el municipio de Vegachí-Antioquia donde se aplicó la técnica del bloque de tierra estabilizada (BTC) en mampostería para la construcción de 104 casas. Para su proceso se utilizaron 5 máquinas Cinva-ram, 1 una máquina pulverizadora. 3 puestos para cernir la tierra. 25 personas para producir los bloques (5 por máquina). 7 personas para preparar la tierra. 6 personas para mezclar. 3 personas para el curado de bloques. Se empleó la dosificación de 6 carretas de tierra, 3 de arena por 150kg de cemento para producir 200 bloques. Obteniendo una producción al día de 5m²/ de tierra preparada, con un aproximado de 2750 bloques. La mezcla que utilizaron contenía arcilla – limosa, estabilizada con el 8% de su peso en cemento, 12% en peso de arena y 11% en peso de agua. Los muros se reforzaron verticalmente con una varilla de acero ¼“cada 60cm, también horizontalmente con una varilla de acero 1/8” cada 4 hiladas. Para la cimentación se empleó concreto ciclópeo y viga de amarre en concreto de 3000psi, seguido de un sobre cimiento en bloques de cemento para aislarla de la humedad directa del suelo. El mortero utilizado para la pega fue de tierra estabilizada con cemento al 10% de su peso. Como remate para la cubierta se utilizó madera como estructura, con teja de fibro-cemento. (Tierra Viva. 2007).

También cabe recalcar que esta fundación ha empleado en otros proyectos en la producción participativa de vivienda social (PPVS). Brindando capacitación y asesoría en el lugar a los mismos beneficiarios del proyecto que participan de manera directa en la producción in-situ del BTC para vivienda, lo que genera desarrollo local e inclusión social se basan en un sistema económico de: ahorro + subsidio + crédito + aporte/trabajo en mano de obra. Una familia

puede obtener su casa con menor esfuerzo y mayor participación reduciendo el valor del crédito.
(Moreno, 2014)



Ilustración 3. Casa autoconstruida comunidad de Antioquia.

Fuente:<http://www.informabtl.com/fundacion-homex-entrego-100-viviendas-como-parte-de-su-filosofia-social/>

Se retoma la autoconstrucción como la acción autónoma por la cual la propia gente enfrenta su problema habitacional, con conocimiento y perseverancia pero carentes de una plan tecnificado que complemente la solución óptima más satisfactoria. Se debe garantizar que todos los habitantes puedan acceder a un refugio que los proteja de las condiciones ambientales como la lluvia, el calor y el frío. Además, debe prever seguridad e integridad con su entorno (Rodríguez, 2004). En algunos países de Latinoamérica se comenzó a implementar propuestas con el fin de reducir gastos incluyendo la participación de sus habitantes en la solución de sus viviendas, dándoles asistencia y asesoramiento en la etapa de construcción, donde su mano de obra es un aporte que no tiene costo. (Pellis.S, 2009). Es importante este referente ya que se relaciona en lo dándoles asistencia y asesoramiento en la etapa de construcción, donde su mano de obra es un

aporte que no tiene costo. (Pellis.S, 2009). Es importante este referente ya que se quiere buscar en el municipio de Nimaima que es incluir a la comunidad dándoles un conocimiento y que participen en la construcción de su vivienda en BTC con recursos del lugar.

10.2 BTC. Bloques de Tierra Comprimida

El BTC por lo general tiene una forma de paralelepípedo, echo en tierra cruda el cual es estabilizado con cemento para darle mayor resistencia, se aconseja estabilizarlo entre un 5 y 10% de cemento, con una mezcla de tierra en un 82% y arena en un 6 %. (Roux, R. 2010).

Los BTC no tiene una norma específica y la que regula en Colombia es la norma Icontec 5324 para bloques de suelo cemento, los cuales enmarcan los parámetros mínimos de exigencia para la fabricación de estos bloques. Cuyos valores de resistencia a la compresión permitidos debe oscilar entre 2 a 6 MPa.

Es recomendable usar tierra con porcentajes superiores de arena en un 60%, siendo la arena la que contribuye a darle mayor resistencia a su estructura interna y la arcilla en proporciones de 40%. Esta contribuye a la aglutinación microscópica de las partículas de la tierra, pero esta al momento de fraguado empieza a presentar agrietamiento en los bloques, cuando esto ocurre es necesario adecuar la tierra aplicando según su proporción, un estabilizador en cemento portland o cal lo que contribuye a mejorar su resistencia, así como impermeabilización. (Neves et al, 2010).

La técnica del BTC es compactado por hiperpresión mediante la Cimba Ram cuya maquina ejerce una fuerza hidráulica de 100kp/cm², según (Craterre, 2006) los bloques deben alcanzar valores mínimos de resistencia a la compresión entre 1-4 MPa. Cuando no se alcancen

valores óptimos se debe agregar una adición ya sea de cal o cemento que actúa como agente aglutinante, lo que incrementa sus gastos.

10.2.1 Fabricación BTC

1. Preparación de la tierra: Se debe desintegrar la tierra para que pueda pasar por un tamiz #4 (4,8 mm) cuyo fin es darle homogeneidad al tipo de tierra, no es aconsejable piedras superiores a 5mm

2. Preparación mezcla (con cemento): Se agrega una cantidad de cemento según la proporción elegida (5, 10 o 15%) a la tierra debidamente ya preparada, se debe escoger un tipo de tierra idónea la cual se debe estudiar su dosificación con el fin de identificar cual es la más apropiada cumpliendo con los parámetros mínimos de resistencia..... utilizando una cantidad mínima de cemento. Se le va agregando agua hasta que se obtenga una mezcla húmeda siendo ideal para prensar.



Ilustración 4. Mezcla de los materiales. Fuente propia.

Para conocer la humedad adecuada se debe tomar un puñado de tierra y presionarla con la mano hasta formar una bola la cual se arroja al piso de una altura aprox. de 1 m, esta no debe desintegrarse en su totalidad. Si se consigue marcar los dedos en la mezcla quiere decir que su humedad no es la adecuada. Si por el contrario al arrojarla la bola se mantiene compacta sin sufrir desmoronamiento su humedad es excesiva.

3. Compactación BTC: Se ubica la mezcla en los moldes de la Cinvaram (máquina compactadora) y luego se quita el excedente, se debe comprimir con los dedos solo las esquinas para garantizar una buena compactación del prototipo, luego se retira el BTC del molde sujetándolo con ambas manos por sus cantos para colocarlo de lado sobre una superficie plana y prolija la cual debe estar protegida del sol, del viento y de la lluvia.



Ilustración 5. Funcionamiento Cimbaram. Fuente Craterre.

4. Fraguado y almacenamiento: Después de 7 días se cambia de posición el BTC para su fraguado final. En los primeros días se recomienda estar humedeciéndolos paulatinamente para ayudar al proceso de hidratación del cemento, lo cual contribuye al mejoramiento de su

resistencia. Los BTC se apilan en grupos no mayores a 1,5 m. de altura, se recomienda ser cubiertos con un plástico para que la humedad se mantenga.



Ilustración 6. Apilamiento BTC. Fuente Craterre

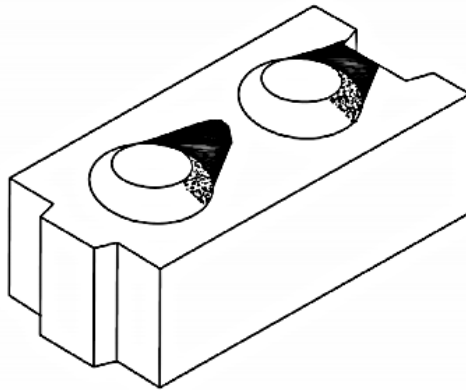


Ilustración 7. Bloque Mattone.

10.3 CBC. Ceniza de bagazo de caña

Es un subproducto que se obtiene del proceso de la fabricación de la panela, cuya materia prima es la caña de azúcar que tiene un tiempo de duración entre su proceso de siembra, cosecha y fabricación de 14 a 18 meses. Está es procesada para la extracción del jugo de caña, de la cual surge el bagazo, un material de tipo fibroso que se deja secar para posteriormente alimentar las calderas que transforman el jugo en panela. De esta incineración resulta la CBC que no tiene ningún uso en el sector y es desechada.

La CBC tiene propiedades puzolanas ricas en Sílice un ingrediente importante en la fabricación del cemento portland como aglutinante que oscila entre un 14.5%, gracias a su composición química y por su tamaño homogéneo en sus partículas. Hernández, U. (2011).

El Sílice puede ser sustituido en proporciones del 20 a 25% de su masa en cemento portland, beneficiando en aspectos como menor reducción del sangrado del concreto esto quiere decir que reduce el agua que asciende a la superficie producto del fraguado y que arrastra consigo partículas cementantes esto debilita la parte superior del concreto. (Jiménez, V. 2013). La sílice también contribuye a dar una mayor aglutinación a la mezcla a temprana edad de igual manera beneficia a una baja permeabilidad. La sílice de por sí sola posee nada o pocas propiedades cementantes, pero cuando se divide finamente y está en presencia del agua reacciona químicamente al óxido de calcio (cal) lo que manifiesta propiedades cementantes a temperatura ambiente. Esto contribuye a su resistencia mecánica y durabilidad. (Ma-Tay. D. 2014).

Según (NTC 3493). Para que un material sea puzolanico debe tener valores de Sílice, Ox. Aluminio y en pequeñas proporciones Ox. Hierro.

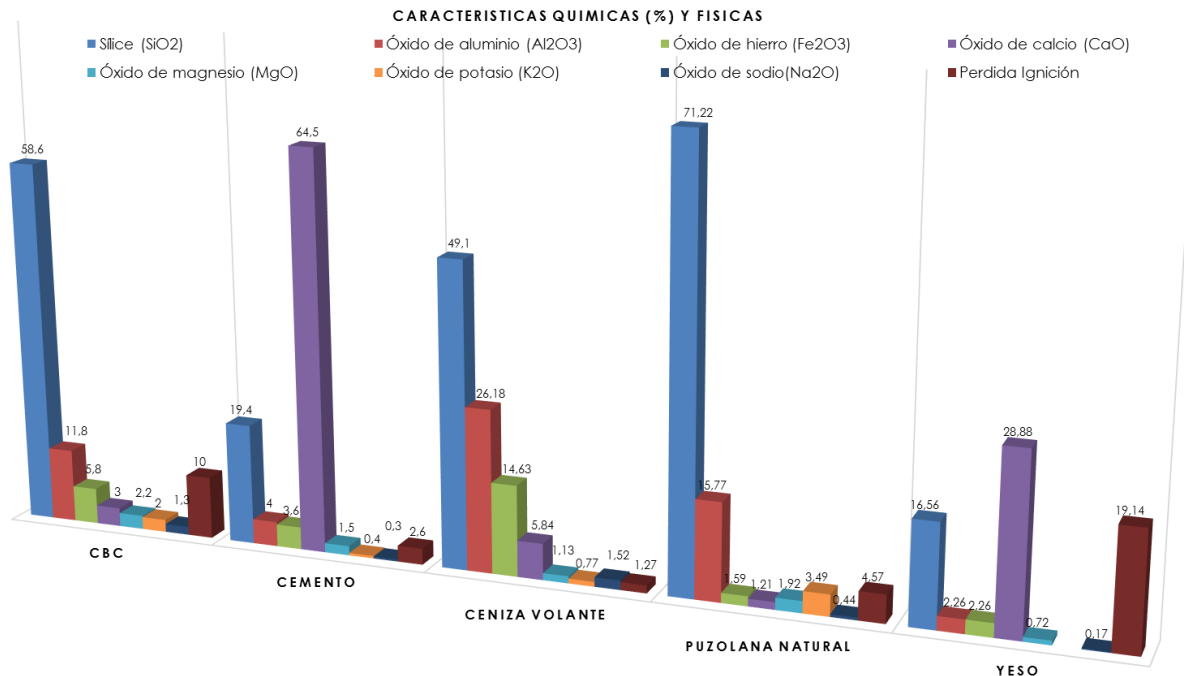


Ilustración 8. Características físicas y químicas Materiales. Alta presencia de sílice. Fuente recopilatoria.

Aprovechando la gran salida que tiene este producto en el sector, siendo considerado como un productor importante de panela para el municipio de Cundinamarca. (Capurro, 2010). Se busca utilizar su ceniza y adicinarla parcialmente por cemento. Ya que según esta investigación se empleó la ceniza en diferentes muestras de mortero donde sustituyo el cemento proporciones entre 10, 20 y 30% en su peso y lo comparo con un mortero convencional el cual fue evaluado según sus propiedades mecánicas y físicas a favor de la mezcla. Dando como resultado un importante grado de resistencia. Concluyo que la ceniza es un material ideal para ser empleado en el campo de la construcción.

Según Ossa y Jorquera en su investigación se pudo comprobar los efectos de las cenizas en el hormigón como reemplazo del cemento portland y como adición en el hormigón, lo que genero a 28 días resultados por encima de un hormigón normal. Cuando las cenizas se emplean como aditivo del hormigón en proporciones del 15 a 30 % en peso de la arena de hormigones

pobres esta contribuye a mejorar notablemente su trabajabilidad y subiendo su resistencia con el paso del tiempo. Por lo general todas las cenizas ayudan a mejorar con eficacia la ausencia de agregados finos para obtener un hormigón pobre de buenos resultados. Además, comprobaron con buenos resultados que la adición de ceniza a utilizar debe tener una dosificación de 6% y 12% de cemento, incluyendo la ceniza y la tierra en proporciones del 0%, 2%, 4% y 8% para cada uno. (Ossa, M. Jorquera, S. 1990).

Según las pruebas de resistencia a la compresión y de absorción Ossa y Jorquera comprobaron que la CBC puede ser adicionada parcialmente como estabilizante en la producción de mampostería echa con BTC, sin que esta llegue a interferir en el desenvolvimiento mecánico y de durabilidad. Siendo relevante resaltar que estos BTC con adición de CBC, puede reemplazar los ladrillos cerámicos tradicionales liberando el uso de la cocción a altas temperaturas que necesita para fraguarlo en su totalidad de curado y para alcanzar importantes valores de resistencia se compacta mediante la Cinva ram.

Cuando la tierra no cumpla con los requerimientos mínimos se puede mejorar empleando un estabilizante que será adicionado a la mezcla, generalmente cemento siendo el más empleado y más utilizado. La reacción que tiene el cemento con la tierra es óptima, pero cuando esta contiene mucha arcilla se aconseja adicionar por lo menos un 10% de cemento en su peso. Contrariamente si la tierra contiene mucha arena se debe adicionar menor cantidad de estabilizante de aproximadamente un 4% de cemento esto garantizaría un BTC de buena calidad. (Gatani, M. 2000). Según su investigación se dieron óptimos resultados de resistencia a la compresión con una adición del 10% de cemento ya que aumento su resistencia hasta en un 55%, que no exceden el valor de 1,54 MPa a 28 días. Pero los bloques con 12% de cemento tenían valores por encima de 2,00 MPa. Alcanzando en 28 días valores promedio de 3,13 MPa.

Cuando se le agrega ceniza a la mezcla en remplazo del cemento a proporción del 75% cemento, 25% ceniza se puede llegar a obtener bloques más homogéneos, y por lo tanto más densos y resistentes. Según Ma-Tay en su investigación se hicieron pruebas de absorción dando como resultado bloques más resistentes al agregar hasta 30% de ceniza donde tan solo a 7 días empieza alcanzar altos valores. Esto indica que el aumento del contenido de ceniza de caña proporciona un aumento específico en la densidad de 6% en el estado seco de los bloques, y los valores de absorción se mantuvieron muy cerca, a unos 12% para todas las muestras. Las muestras producidas con 12% de cemento portland y 8% de ceniza de caña en peso, demostró un valor por encima del mínimo que es recomendado por las normas brasileñas para su utilización en la fabricación de mampostería no estructural. También se demostró que la adición de ceniza de caña, no afectó a la resistencia mecánica y la absorción de agua de los bloques de tierra comprimida hecha con tierra y cemento, y que este residuo se puede incorporar en tales componentes. Los prismas producidos con ceniza de caña tuvieron un mejor rendimiento estructural en las pruebas de resistencia a la compresión axial y diagonal de los prismas de referencia, producido sin cenizas. (Ma-Tay. D. 2014).

Para generar los bloques existe una recomendación la cual se puede tomar como guía para la creación de los BTC, donde dice que, “Utilice un ladrillo preferiblemente macizo o tolete. Cuando utilice ladrillo perforado, compruebe que los huecos no constituyen un porcentaje mayor del 25% del área de la sección, la distancia mínima que debe existir entre los huecos y el borde de la pieza debe ser de 2 cm”. (AIS. 2003). Lo que garantizaría su resistencia a la cortante que es donde son mas vulnerables elementos.

10.4 Guadua

La guadua es una gramínea que se da entre los 800 y 1600 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas promedio de entre 20 a 26 °C, cuya humedad relativa es del 80 por ciento y como mínimo necesita de una precipitación anual de 1.000 milímetros”. (Bambusa, 2012).

El peso que tiene la guadua con respecto a su resistencia no la posee ningún otro material salvo el acero, pero al hacer una estructura en guadua esta pesaría mucho menos pero garantizaría la misma resistencia que el acero. Esta característica permite que los costos se reduzcan considerablemente, siendo ideal para estructuras básicas como galpones, bodegas, capillas, etc. que no pasan de 5 mt. de luz entre sus soportes. (Rubio, G. 2007).

Según Rubio para determinar la calidad de la guadua aconseja cortarlas entre 4 a 6 años para evitar su deformación, después debe ser protegida de la intemperie y protegidas en la punta inferior para evitar el contacto directo con el suelo evitando que esta adsorba la humedad. No es aconsejable secarlas directamente al sol ya que puede generar rajaduras aumentando la presión interna de los canutos.

En la visita realizada según lo observado se notó que hay construcciones en Bahareque y Adobe que tienen la estructura de sus cubiertas en guadua, según los habitantes del municipio es una buena técnica constructiva por ello se busca dar uso a este material como cubierta así como lo implementaron en el proyecto de vivienda en Guadua en Anolaima Cundinamarca aquí construyeron sus viviendas empleando la guadua tipo *Angustifolia Kunt* para formar la estructura de la cubierta a partir de una cercha formada por la unión de dos vigas compuestas (dobles) con longitudes de 9 y 12 m. Según Bambusa “Con estos pórticos conseguimos las grandes luces necesarias para crear amplios espacios en la zona central de la vivienda y un gran

ventanal de casi 12 m. de largo en la parte central. La construcción incluye refuerzos diagonales en la unión y montantes *verticales* inclinados en el centro y en los extremos, acabando con grandes aleros de 1,5 m para cubrir los amplios corredores exteriores de la vivienda. Las columnas se asientan dentro de las paredes exteriores o sobre zapatas de piedra sacada de la propia obra, de modo que queden perfectamente acabadas y protegidas de la humedad de terreno. (Bambusa, 2012)



Ilustración 9. Fuente: <http://bambusa.es/portfolio-item/colombia-house/>

11 Marco Conceptual

11.1 Auto construcción

El proceso de construcción o edificación de la vivienda realizada directamente por sus propios usuarios, en forma individual, familiar o colectiva

Por autoconstrucción se entienden, en sentido estricto, las formas de edificación que se realizan mediante la inversión directa de trabajo por los propios usuarios de la vivienda. La autoconstrucción puede implicar el apoyo de parientes o amigos; en general se caracteriza por el empleo de fuerza de trabajo no remunerada. Bajo estas condiciones sólo es posible aplicar un nivel técnico elemental, por lo regular de índole artesanal. En el medio rural, y en particular en el indígena, donde no se paga renta de suelo, y se dispone de materiales locales que sólo es necesario habilitar, es donde esta forma de construcción se define con mayor nitidez. (Rios, 2011)

Se puede mostrar el ejemplo de vivienda autoconstruida en BTC en el proyecto aplicación de tecnologías tradicionales mejoradas en la vivienda rural de interés social del sitio el Aromo del Cantón Manta en Ecuador, donde los estudiantes de la universidad de Laica Eloy Alfaro de Manabí realizaron una investigación y proyecto en la vereda del Aromo, donde realizaron viviendas con materiales de la región como lo son el BTC y techos vegetales, lo que hicieron estos estudiantes fue capacitar a la comunidad y lograr sustituir la dependencia de materiales importados y altamente contaminantes, por materiales locales, que no emitan CO₂. E incentivando la creación de micro empresas productivas de BTC, reunieron 10 personas de la comunidad y los capacitaron inicialmente para generar el prototipo del bloque y luego en la

construcción paso a paso de la vivienda, esta técnica se ha expandido en varias ciudades de Ecuador especialmente en el área rural. (Miguel Camilo Solórzano, 2012)

Ilustración 10. Vivienda BTC



Fuente: <https://www5.uva.es/grupotierra/aacid/publicaciones/2013/9d.pdf>

11.2 Vivienda de bajo costo

La vivienda de bajo costo es la solución para el desarrollo de proyectos rápidos en sectores pobres de la población los cuales requieren de alojamientos de alta calidad. Gobiernos y organizaciones humanitarias necesitan reacciones rápidas en zonas de crisis. Las viviendas de bajo costo viabilizan una acomodación rápida. (Donald, 2011)

La universidad Nacional de México buscó solución a el deterioro y construcción de vivienda de bajo costo mediante la técnica del BTC se determinó cuantitativamente la variación en la resistencia de los muros de BTC sujetos a cargas de compresión directa, compresión diagonal y flexión, reforzados con mallas de acero y recubiertos con mortero cemento-arena, empleando materiales locales disminuyendo costos de mampostería y traslado de materiales ya que en el mismo lugar realizaron esta técnica hasta el momento no han arrojado resultados negativos.

11.3 Area rural

Se caracteriza por la disposición dispersa de viviendas y explotaciones agropecuarias existentes en ella. No cuenta con un trazado o nomenclatura de calles, carreteras, avenidas, y demás. Tampoco dispone, por lo general, de servicios públicos y otro tipo de facilidades propias de las áreas urbanas. (DANE)

Las construcciones de vivienda en el área rural hoy día son dadas por la alcaldía como viviendas de interés prioritario a las personas más necesitadas, en el recorrido realizado en el área rural del municipio de Nimaima Cundinamarca encontramos diferentes tipos de vivienda que son dadas por el estado estas viviendas son muy sencillas de 54m² cuentan con dos alcobas un baño cocina sala comedor, según las entrevistas realizadas a los habitantes estas casas so poco agradables debido a que no tienen nada que ver con las construcciones antiguas.



Fuente: Elaboración propia Tomada el 12/09/2016



Ilustración 11. Viviendas otorgadas por el estado. Fuente: Elaboración propia Tomada el 12/09/2016

Estudiantes de la universidad Nacional de San Juan Argentina investigaron los diferentes aspectos y condiciones de sectores rurales de bajos recursos, tomando en cuenta las necesidades económicas, culturales y sociales de cada familia propusieron la construcción de 10 viviendas en diferentes áreas rurales con un prototipo de BTC, donde los habitantes no eran quienes se adaptaban a la vivienda si no la vivienda a ellos y a sus necesidad teniendo en cuenta quienes habitaban que actividades realizaban al día y la permanecía de cada uno dando solución y prioridad a las actividades más importantes de cada uno como por ejemplo el área de la sala dentro de la vivienda para una familia no era necesaria ya que preferían una zona de producción que de descanso porque no habitaban la vivienda en la mayoría del día preferían una zona de estar fuera de la casa que dentro de la misma esto les ahorra espacio.



Ilustración 12. Vivienda prototipo BTC

Fuente: Reflexiones sobre la autoconstrucción del hábitat popular en América latina

11.4 Transferencia tecnológica

Se da desde la academia mediante un proceso teórico práctico con conocimientos científicos y tecnológicos cuyo fin es mejorar una técnica para que se adapte a las cambiantes necesidades de la humanidad lo que a última promueve desarrollo. (Rios, L. S. 2011).

Se trata por tanto de un proceso de transmisión de conocimientos científicos y tecnológicos para desarrollar nuevas aplicaciones, por lo que es un factor crítico para el proceso de innovación y la competitividad, hay que tener en cuenta que transferir tecnología implica adquirir, ceder, compartir, licenciar, acceder o posicionar conocimiento innovador en el mercado. (Trasferencia de tecnología, 2014)

Se da por fases con el fin de ir subiendo gradualmente las actividades. En la primera fase, se hace un acercamiento a la comunidad, se les comenta acerca de la propuesta y de los alcances del proyecto. Como segunda actividad es la realización de talleres de sensibilización comunitaria donde cada individuo plasma sus ideales positivos y negativos de la vivienda. Como tercera fase es la de planificación, que personas se cuenta y con qué recursos. La cuarta fase es la ejecución de la transferencia que en este caso sería la construcción de la vivienda. La quinta fase es el estudio paulatino de la como se ha venido aplicando la transferencia. (Rios, L. S. 2011).

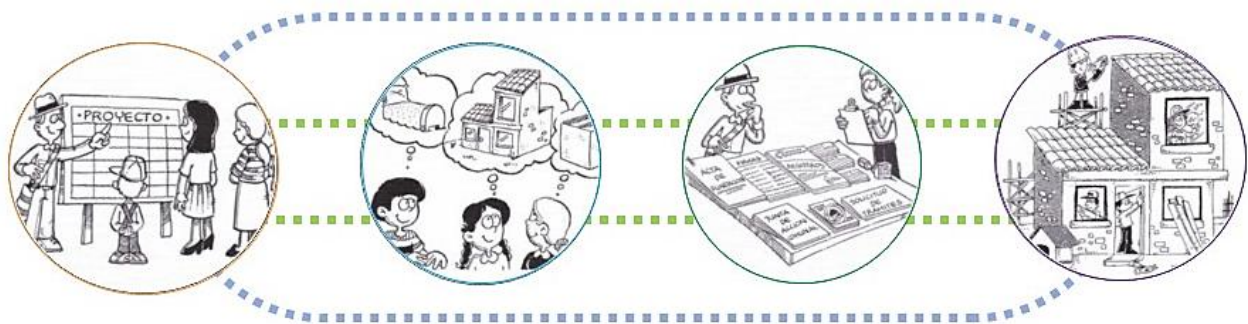


Ilustración 13. Fases transferencia tecnológica

12 Materiales & Metodos

12.1 Metodología

Esta investigación es de tipo experimental dividida en fases, que busca reducir los costos creando un bloque en tierra comprimida con la adición de la ceniza y ver si esta contribuye a disminuir la proporción de cemento, la cual se comprobara mediante pruebas de laboratorio, de igual manera se busca experimentar con su forma cuyo fin es disminuir los gastos.

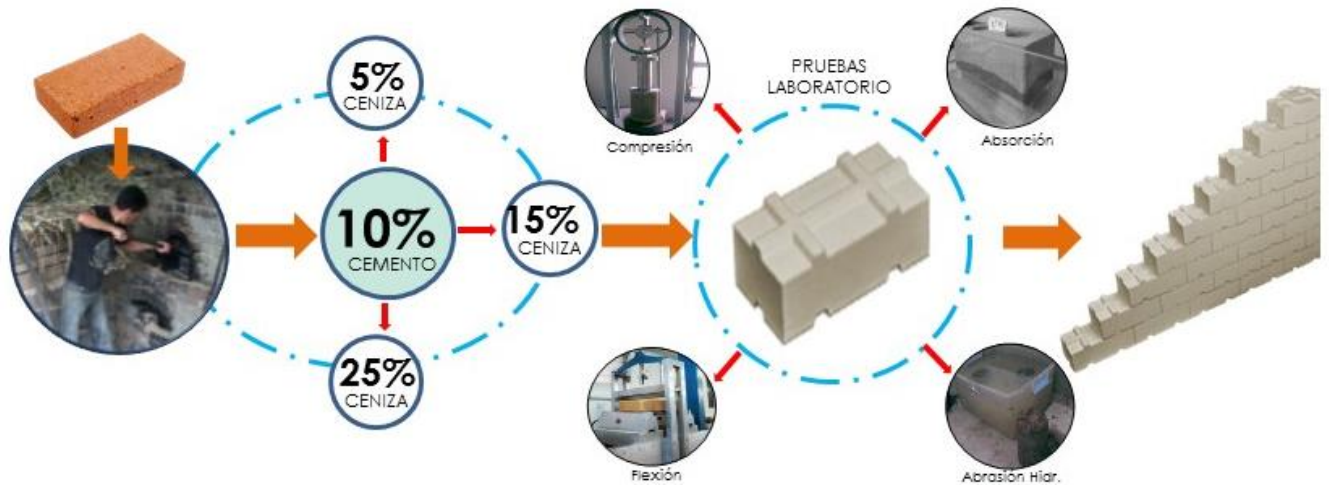


Ilustración 14. Ciclo de Investigación metodológica. Fuente propia

12.2 Selección Tierra



Ilustración 15. Tierra T1



Ilustración 16. Tierra T2

Se seleccionaron 2 tipos de tierra del sector que los mismos habitantes tenían identificadas, las muestras de tierra fueron probadas con técnicas manuales para clasificarlas y ver cuál de ellas es más óptima para la fabricación de un BTC.

Composición %	Arcilla	Arena
T - 1	60	40
T - 2	55	45



Ilustración 17. Pruebas Manuales. Fuente propia.

-1). Sedimentación -2). Tacto -3). Olor -4). Bola -5). Rodillo -6). Cintilla -7). Lavado -8). Corte -9). Caída Bola

12.3 Pruebas manuales Adobes

Se produjeron de forma artesanal 2 bloques con adición de CBC, cuyas medidas son 29.5 X 14.5 X 9.5 cm, se empleó una prensa de carpintería para simular una presión con el fin de estudiar su comportamiento tanto a resistencia, como de fraguado, con el fin de observar si hay presencia de grietas u hongos que pudieran presentarse durante el proceso.

MEZCLA (T-1):

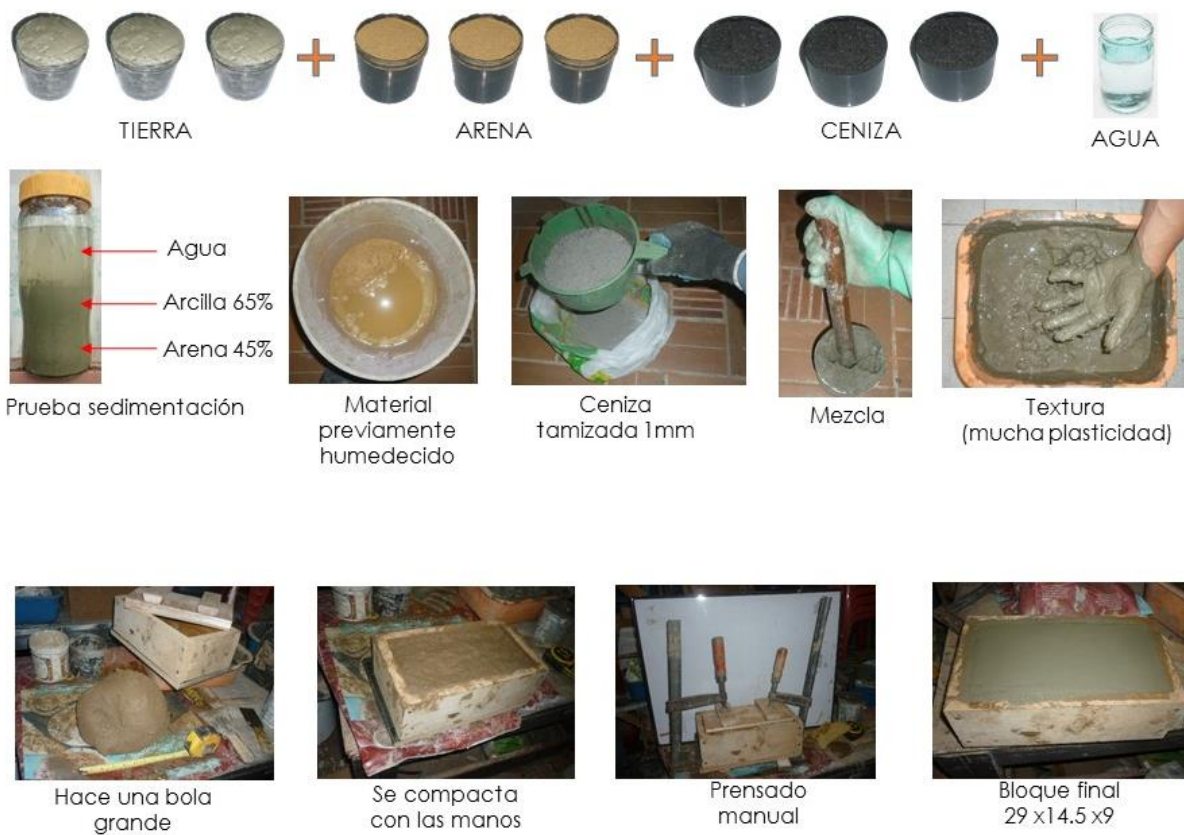


Ilustración 18. Proceso constructivo de bloque con tierra (T1). Fuente Propia.

Mezcla (proporcional)	Tierra	Arena	Ceniza
T - 1	3	3	3

Tabla 3. Proceso constructivo de bloque con tierra (T1). Fuente Propia.

MEZCLA (T-2):



Ilustración 19. - Proceso constructivo de bloque con tierra (T2). Fuente Propia.

Mezcla (proporcional)	Tierra	Arena	Ceniza
T - 2	1	2	3

Tabla 4. Proceso constructivo de bloque con tierra (T2). Fuente Propia.

12.4 Pruebas Bloques Pequeños

Se crearon 4 bloques pequeños con la adición de CBC y mineral rojo para poder tener un acercamiento al laboratorio y medir su resistencia. Además, experimentar con su forma, textura y color.

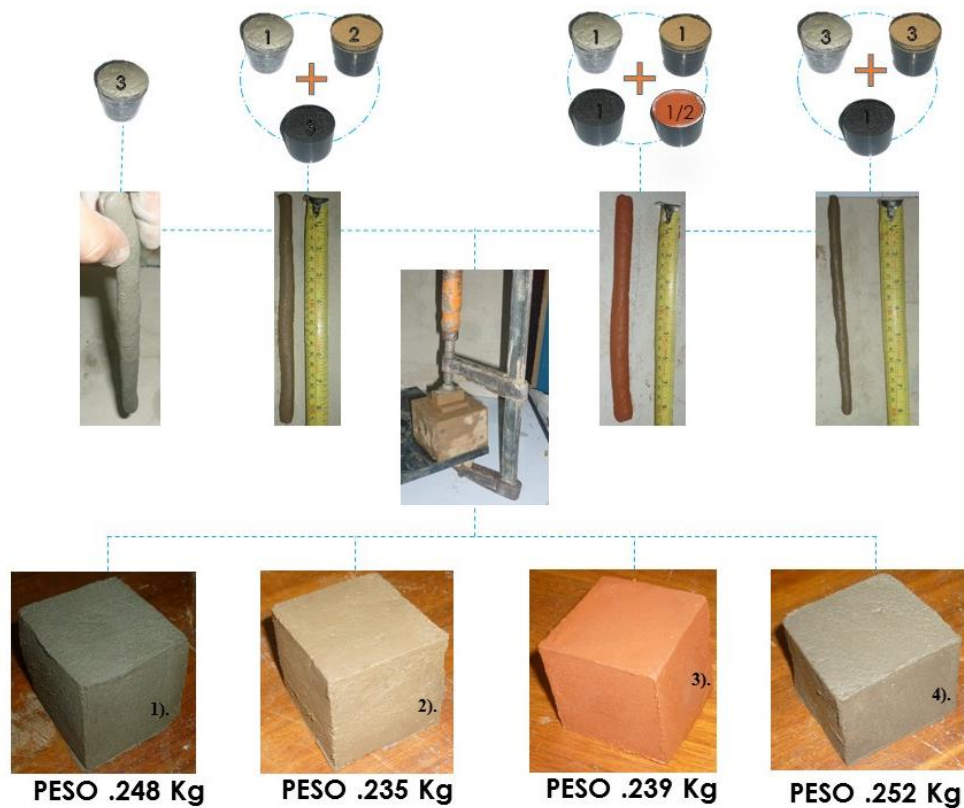


Ilustración 20. Proceso constructivo de bloque con tierra (T2). Fuente Propia.

Tabla 5.

Dosificaciones T1 - T2

# Mezcla	T.1	T.2	Cemento	Arena	Ceniza	Mineral
1	3	-	1	3	-	-
2	-	3	-	2	-	-
3	1	-	-	1	-	1
4	-	3	-	2	1	-

Dosificación de materiales empleada para pruebas empíricas. Fuente propia

12.5 Prueba Adobe Autóctono

Se identificó adobes hechos desde los inicios de las viviendas del sector, utilizados para reparación.



Ilustración 21. Adobe autóctono. Fuente propia.

Tabla 6.

Características Adobe Autóctono

Peso (kg)	Medidas (cm)	Composición	Edad (años)
4.386	29 X 14 X 7	Arcilla-Boñiga	35 aprox.

Fuente propia.

12.6 Mezcla segun Protierra

Se trabajará con la mezcla de la empresa Protierra ya que se tuvo absceso a esta, donde producen sus bloques con un Cinva Ram doble. Esta servirá para producir los BTC con la adición de CBC y probar su forma de autoencaje tipo Lego. (Matonne).

Tabla 7.

Mezcla Protierra

Cantidad. Kg	Material
10	Tierra Zarandeada
5	Piedra Ø 10 mm Max.
3	Roja
2	Arena Peña
2	Cemento

Cantidad de material para fabricar 20 BTC. Fuente: Protierra



Ilustración 22. Cinva Ram doble (Protierra). Matrices madera. Fuente Propia.

Se toma como referente los bloques fabricados por la empresa Protierra con el fin de comprobar que tanto cemento podría ser reemplazado por la CBC. Trabajando con la mezcla de estos bloques, pero cambiando la dosificación del cemento a diferentes proporciones. En esta empresa utilizan el 10% de adición de cemento, el cual se modificará con los dos tipos de cenizas obtenidos de Nimaima en las siguientes proporciones:

Tabla 8.
Diseño Proporción cemento - CBC

# Mezcla	CEMENTO	CBC - I	CBC - II
1-A	100%	*	*
2-A	75 %	25 %	*
3-A	50 %	50 %	*
4-A	25 %	75 %	*
5-A	75 %	*	25 %
6-A	25 %	*	75 %

Fuente propia



Ilustración 23. Fabricación BTC en Protierra

12.7 Composición CBC Vereda Cálamo

Se toman dos tipos de CBC de un mismo trapiche. La CBC-I fue sacada de los hornos la cual este mezclada con otras cenizas, ya que para generar mayores temperaturas utilizan otros materiales como palos, guadua, etc. La CBC-II fue obtenida que la quema controlada del bagazo para obtener una CBC del 100%.

Se pretende comprobar si la CBC-I por estar en contacto con otras cenizas pierde sus propiedades puzolanicas y si la CBC-II alcanza valores tolerantes como remplazo parcial del cemento.



Ilustración 24. Izq. Extracción ceniza de los hornos. (Der). Trapiche vereda. Columnas en adobes. Fuente propia.

Tabla 9.

Cenizas vereda Cálamo. CBC I y II

Tipo Ceniza	Estado
Ceniza I	Mezclado con otras cenizas
Ceniza II	Puro

Fuente propia.



Ilustración 25. (Izq.) Ceniza I. - (Der.) Ceniza II

Esta investigación busca la acción participativa con la comunidad para transmitirles el conocimiento de la construcción de vivienda rural mediante la autoconstrucción, cuya formación se dará mediante talleres teórico prácticos en temas de albañilería, fabricación de materiales de construcción y carpintería. Además de involucrarse en la ejecución del proyecto, adquieren una capacitación. Talleres de organización comunitaria para fomentar la organización social de los beneficiarios y promover los derechos civiles: un taller de equidad de género, un taller de medio ambiente y un taller de participación ciudadana.

12.8 Ensayos de Laboratorio

Para conocer la resistencia de los bloques es importante comprobarla mediante pruebas de laboratorio, pero no hay una norma establecida que reglamente este tipo de bloques, la empleada a nivel nacional es la Norma Icontec 5324 para bloques de suelo cemento en la cual nos basaremos para hacer las pruebas y son las siguientes:

12.8.1 Ensayo Compresión Seca

Se sometieron las pruebas aun secado de 24 horas a una temperatura de 50 °C. Luego se dejaron estabilizar durante 2 horas para luego proceder a pesarlos y tomar sus medidas. Después se dividen los bloques por la mitad para sobreponerlos de manera que la cara donde se produjo el corte quede invertida, así mismo hay que garantizar el paralelismo de la pega ayudado de un nivel.



Ilustración 26. Caras sobrepuestas invertidas / Niveladas . Fuente propia

12.8.2 Ensayo Flexión

Aprovechando la prueba de compresión que requiere partir el bloque por la mitad, se procede a colocar el bloque en la maquina compresora con apoyos en las puntas, generando una carga puntual en la masa de su centro obteniendo los datos de la falla del bloque.



Ilustración 27. Prueba de flexion

12.8.3 Prueba de Adsorción por Capilaridad

Se toma como referente la Norma NTC 5324. El fin de esta prueba es medir el porcentaje de adsorción de las muestras variedad entre los valores de expansión y contracción de los bloques inmersos los cuales se medirán a intervalos de tiempo. Primero se secan las muestras durante 96 horas en el horno a una temperatura de 45°C, luego de este tiempo de dejan estabilizar durante 2 horas, para pasar a pesarlos y luego se procede a sumergirlas.

El coeficiente de adsorción sirve para comprobar como el BTC puede reaccionar frente a la lluvia. La acción capilar en función del tiempo en contacto con al agua .

Tabla 2.9. Valores mínimos de absorción de agua.

Valores límite (a los 28 días)	Media	Individual
Absorción de Agua (%)	≤20	≤22

(NBR 10834, 1994)

Se debe calendar las pruebas a una temperatura de 70 °C. Durante 24 horas, los bloques deben estar aislados para que permita la circulación del aire por todas sus caras. Luego dejar estabilizar durante 6 horas, para luego pesar



Ilustración 28. Proceso de secado y pesado prueba adsorción

Sumergir la cara más lisa dejando una cavidad en el fondo de manera que el agua fluya por todo el elemento mediante de cuñas, en este caso los recipientes utilizados eran reducidos, atrapando el bloque generando un espacio de 2 cm debajo de él. Se debe sumergir 5 mm durante 10 minutos, después limpiarlo con un trapo húmedo y por último proceder a pesarlo.



Ilustración 29. Muestras Adsorción



Ilustración 30. pesado después de inmersión superficial

Esta prueba sirve para conocer cuánta agua podría absorber el BTC de la hidratación destinada al mortero. (Pinos, 2015).

Para obtener los resultados se debe hacer la siguiente formula:

$$A = ((Y-X) / X) .100$$

A: Contenido de agua adsorbida en %

X: Peso específico bloque seco en gr.

Y: Peso después de sumergido

Debe dar como resultado un promedio de adsorción igual o menor del 20% la masa

12.8.4 Prueba de Inmersión

Se toma como referente la norma NTC 5324. El fin de esta prueba es medir la variedad entre los valores de expansión y contracción de los bloques inmersos los cuales se medirán a intervalos de tiempo. Primero se secan las muestras durante 96 horas en el horno a una temperatura de 45°C, luego de este tiempo se dejan estabilizar durante 2 horas, para pasar a pesarlos y luego se procede a sumergirlas.

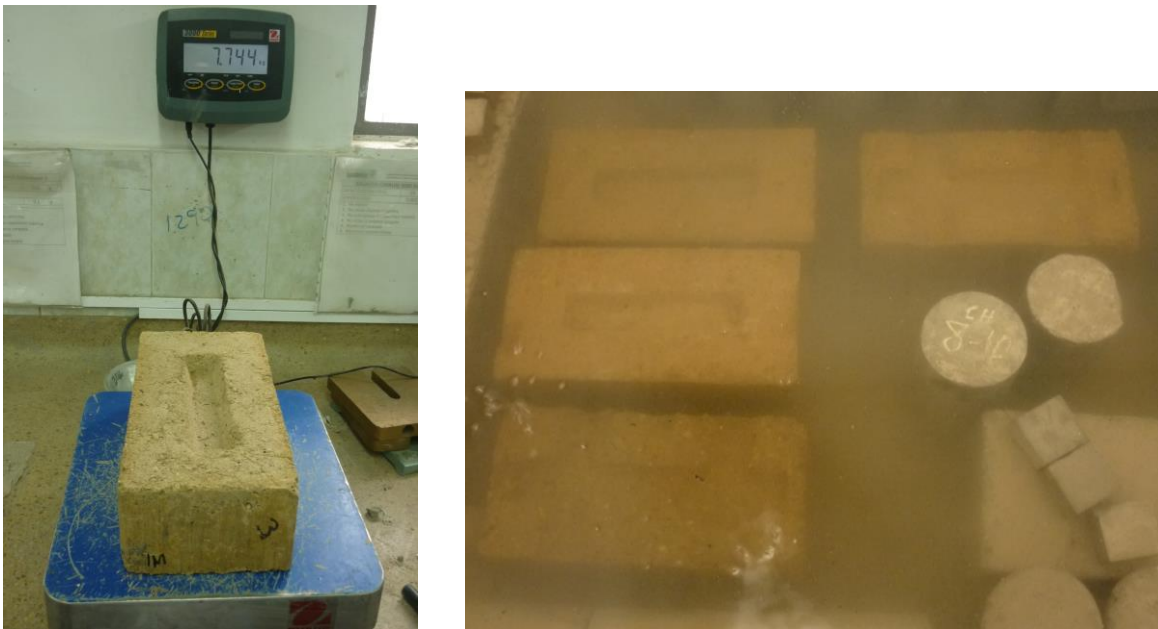


Ilustración 31. (Izq.) Pesado muestras. (Der.) Inmersión muestras

12.9 Análisis del Sector Seleccionado

12.9.1 Tipología de viviendas Vereda Cálamo

Tipología 1.

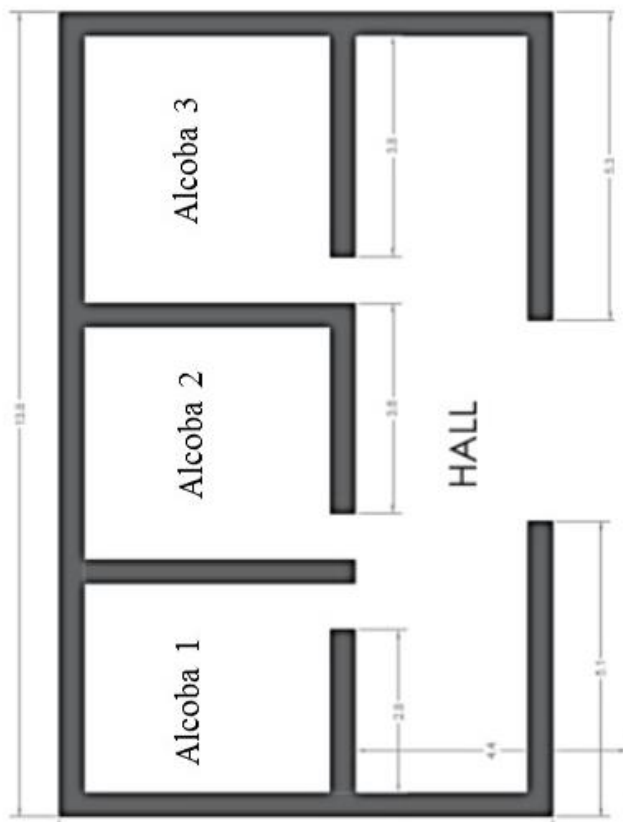
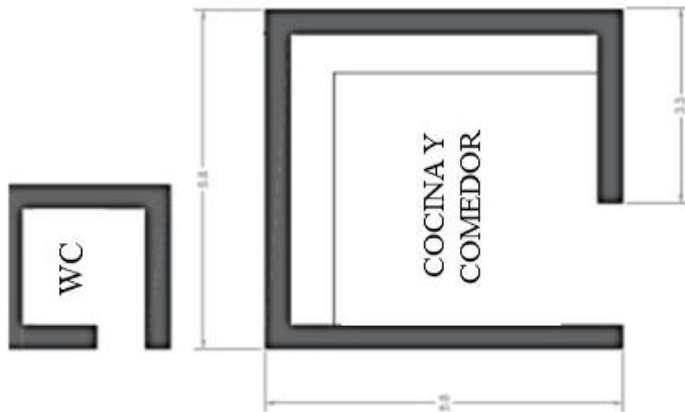


Ilustración 10.
Análisis espacial.
Fuente propia

Esta vivienda cuenta con espacios grandes, el comedor y la cocina se manejan en un mismo espacio fuera de la vivienda generando que las habitaciones sean independientes, el baño y el lavadero también se ubica en el exterior, son hechas en bahareque con muros de 14 cm aproximadamente.

Las paredes tienen más de 20 años y fueron hechas en bahareque con boñiga de vaca en la actualidad se encuentran a punto de colapso, esta vivienda se ha ido modificando por partes haciéndole arreglos con los mismos materiales, pero en cuanto a los muros necesitan ser cambiados total ya que los habitantes de la casa dicen que en ocasiones se han caído partes de la pared demasiado grandes y que son remendadas al instante, pero temen que llegue a un colapso total.

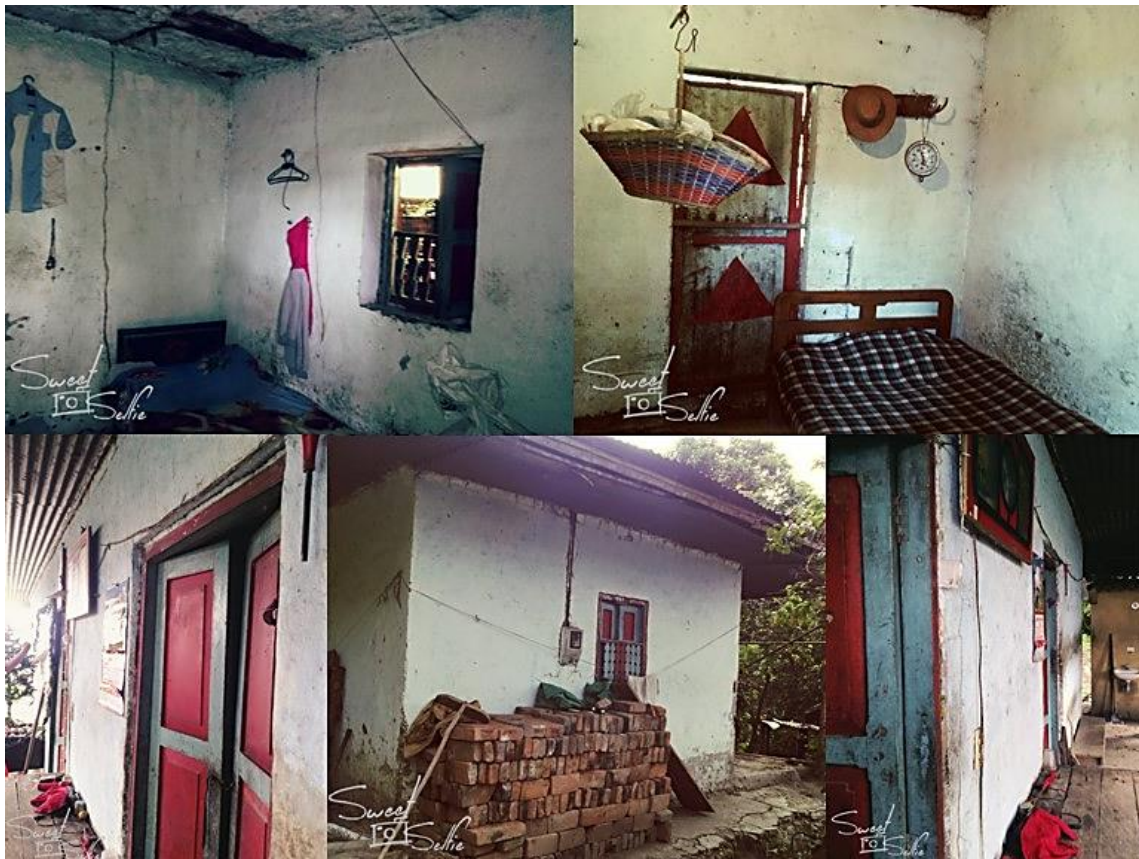


Ilustración 32. Tipología de vivienda 1. Fuente propia.

Tipología 2

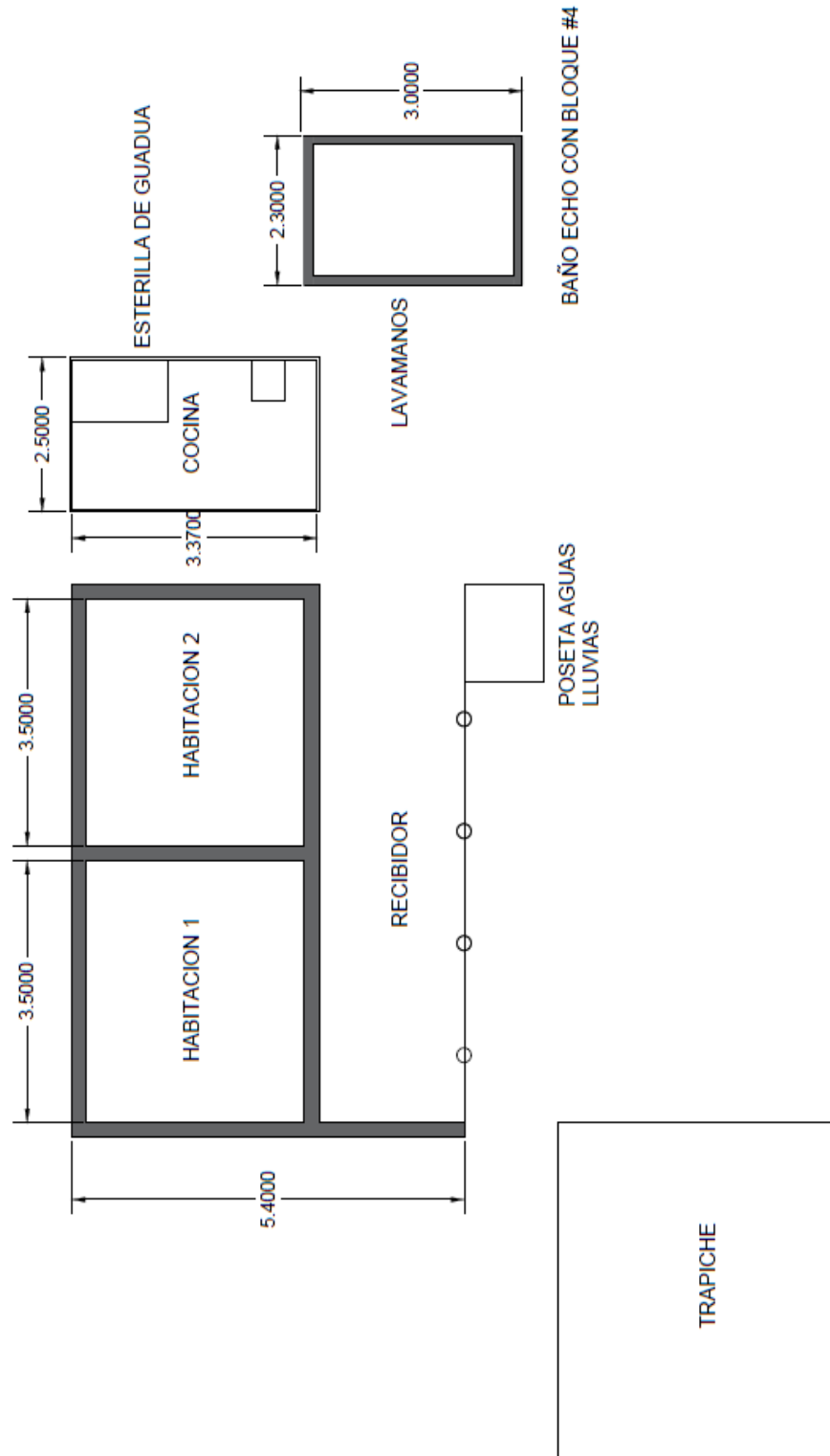


Ilustración 33. plano vivienda #3. Fuente propia.

Esta vivienda es hecha en adobe y tiene aproximadamente 50 años cuenta con dos habitaciones una cocina un baño además un sanitario. El lavamanos fue ubicado en la parte exterior al igual que la cocina, esta es hecha con esterilla de guadua.



Fig. La parte de la cocina es hecha con esterilla de guadua. Fuente propia.

Tiene muros en adobe y en algunas partes de la vivienda tiene pisos en madera, la vivienda se ha conservado debido a los mantenimientos realizados por los habitantes debido a que la tienen protegida de las aguas lluvia tanto en el manejo de la cubierta como en el suelo.

También cuenta con un trapiche donde generan empleo a algunos vecinos en días de molienda esto genera un ingreso económico bueno ya que en la misma finca también tienen cultivos de caña de azúcar y la propietaria dice que es muy rentable.



Ilustración 34. Vivienda #2. Trapiche. Fuente propia.

Los propietarios de la vivienda tienen como reserva algunos adobes para futuras reparaciones. Estos fueron hechos al momento de la construcción de la vivienda y se encuentran en buen estado.



Ilustración 35. Adobes originales para mantenimiento de la vivienda. Fuente propia.

Tipología 3

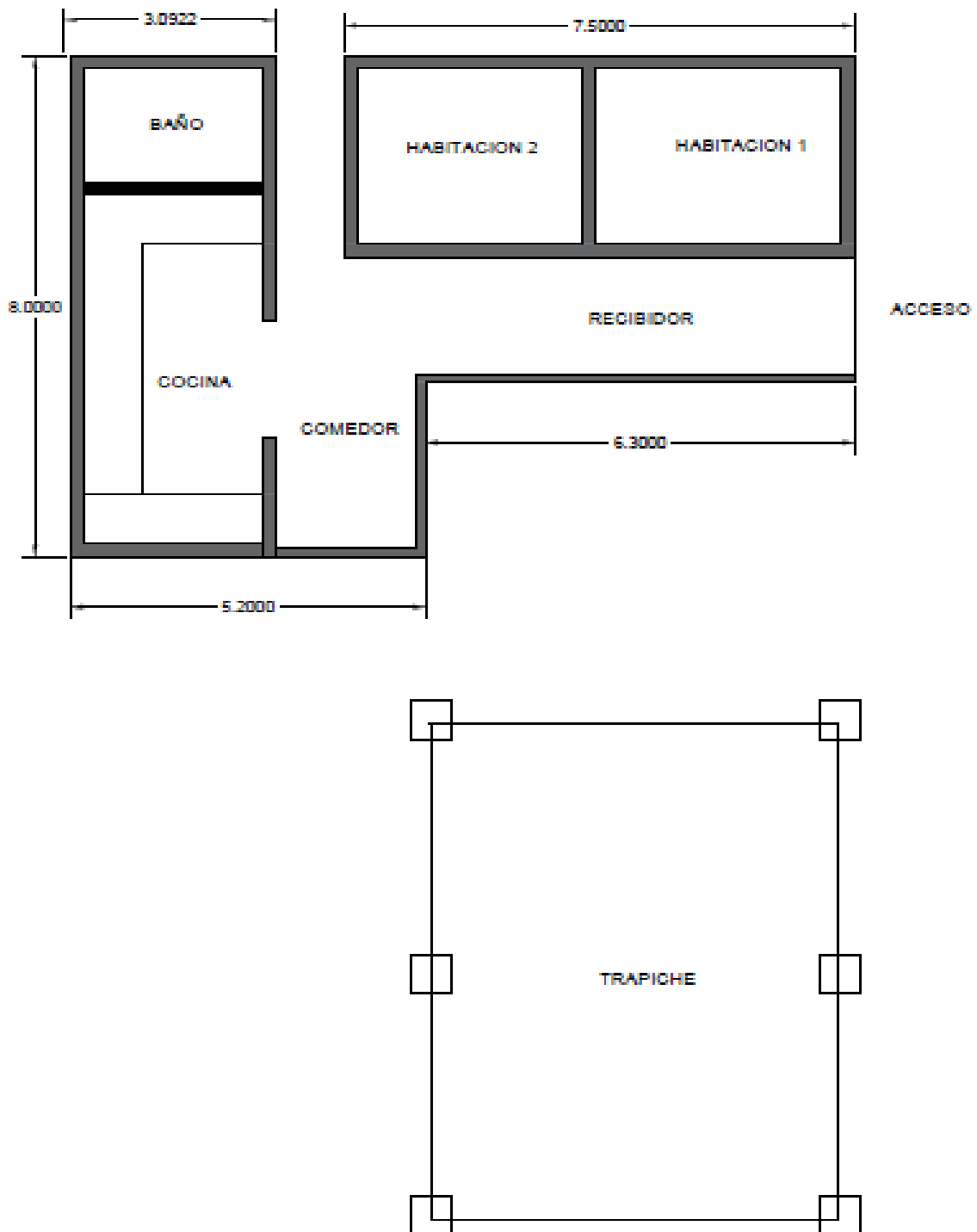


Ilustración 36. Plano vivienda vereda #2. Fuente propia

La vivienda está construida en adobe, cuenta con un trapiche cuyas columnas son en adobe con un acho de 60 cm, llegando a tener más de 50 años.

También cuenta con un gran recibidor cerrado en bloque #4, para esta familia la parte de la vivienda más importante aparte del trapiche es la cocina ya que en ella se cocina para los trabajadores que participan en las moliendas es por eso que es la parte más amplia de la vivienda



Ilustración 37. Análisis vivienda#3. Cuya técnica es adobe y esterilla de guadua para la cubierta.

Fuente propia.

Tipología 4.



Ilustración 38. Vivienda de interés prioritario. Fuente propia

Las viviendas que otorga el estado cuentan apenas con dos habitaciones cocina un baño y un espacio de sala y comedor son hechas en bloques #4 y se entregan en obra negra.

Estas viviendas son entregadas en obra negra según el habitante de esta vivienda prefiere las construcciones tradicionales ya que son amplias, la que la alcaldía le brindo fue entregada en obra negra tubo que enchapar el mismo el baño y colocar la puerta de la salida trasera ya que la casa se la entregaron según el a medias.

La casa del señor está ubicada en un terreno inclinado y para subir apenas tiene un camino tuvo que hacer un espacio improvisado para guardar su vehículo ya que es con el que trabaja a diario y en el diseño de su vivienda no fue contemplada un área de parqueo.

12.9.2 Análisis Climatológico

12.9.2.1 Climograma Nimaima

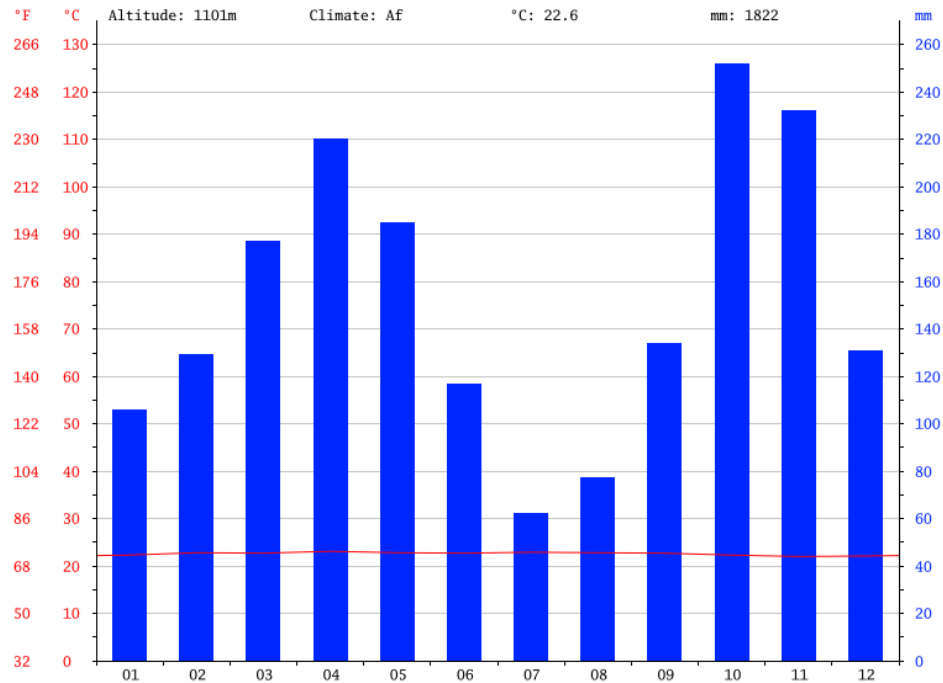
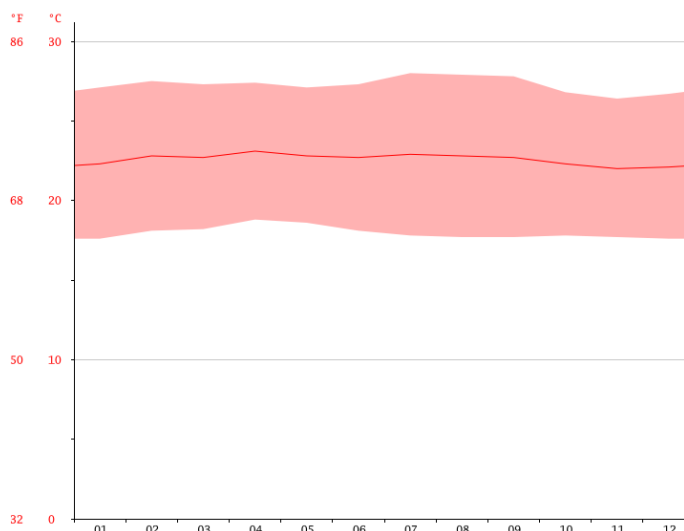


Ilustración 39. Datos climáticos. Fuente: DANE

El mes más seco es julio, con 62 mm de lluvia. La mayor cantidad de precipitación ocurre en octubre, con un promedio de 252 mm

12.9.2.2 Diagrama de temperatura Nimaima



Fuente: Datos climáticos mundiales

Abril es el mes más cálido del año. La temperatura en abril promedios 23.1 ° C. Las temperaturas medias más bajas del año se producen en noviembre, cuando está alrededor de 22 ° C.

12.9.2.3 Tabla climática // datos históricos del tiempo Nimaima. Fuente: DANE

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	22.3	22.8	22.7	23.1	22.8	22.7	22.9	22.8	22.7	22.3	22	22.1
Temperatura min. (°C)	17.6	18.1	18.2	18.8	18.6	18.1	17.8	17.7	17.7	17.8	17.7	17.6
Temperatura máx. (°C)	27.1	27.5	27.3	27.4	27.1	27.3	28	27.9	27.8	26.8	26.4	26.7
Temperatura media (°F)	72.1	73.0	72.9	73.6	73.0	72.9	73.2	73.0	72.9	72.1	71.6	71.8
Temperatura min. (°F)	63.7	64.6	64.8	65.8	65.5	64.6	64.0	63.9	63.9	64.0	63.9	63.7
Temperatura máx. (°F)	80.8	81.5	81.1	81.3	80.8	81.1	82.4	82.2	82.0	80.2	79.5	80.1
Precipitación (mm)	106	129	177	220	185	117	62	77	134	252	232	131

Hay una diferencia de 190 mm de precipitación entre los meses más secos y los más húmedos. La Variación en las temperaturas durante todo el año es 1.1 ° C. (CLIMATE-DATA.ORG)

12.9.2.4 Rosa de los vientos

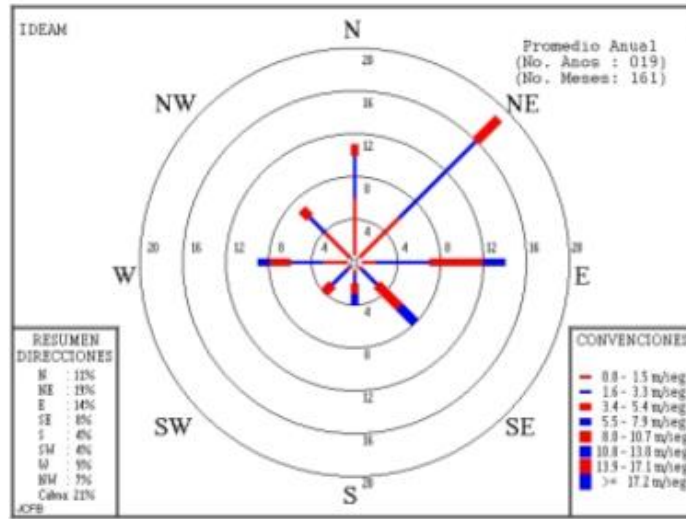


Ilustración 40. Rosa de Vientos Nimaima. Fuente: IDEAM

12.9.2.5 Confort climático

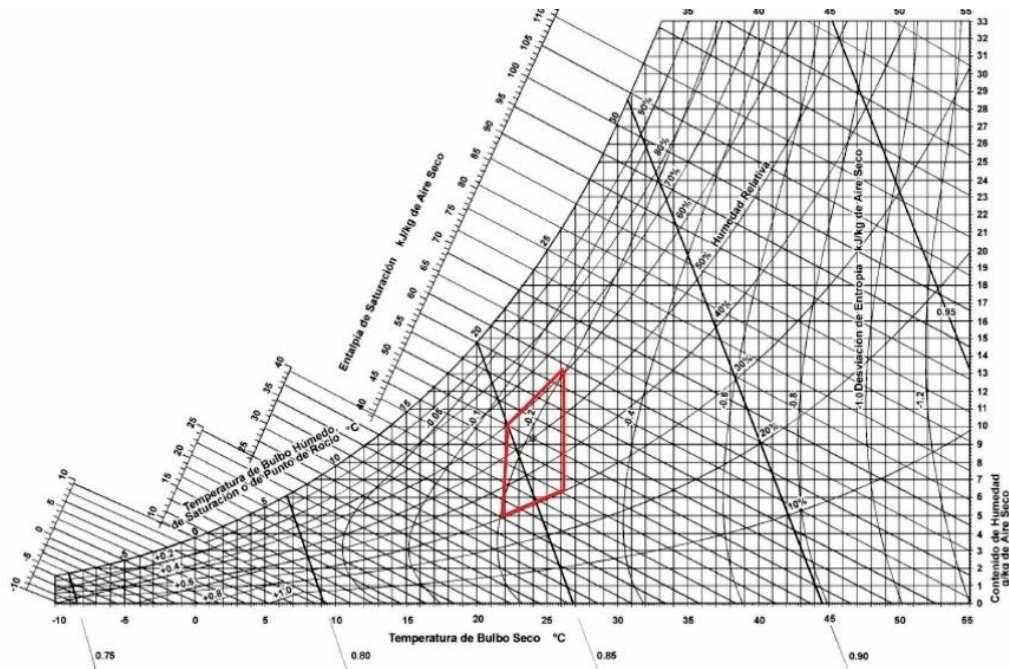


Ilustración 41. Confort climático

12.10 Transferencia tecnológica Vereda Calamo



Ilustración 42. Taller Teórico practico Comunidad Cálamo. 20/05/17. Fuente propia.

13 Resultados

13.1 Pruebas Manuales

Según las pruebas manuales se identificó la composición de las 2 tierras escogidas

Tabla 10.
Tierras del sector

Composición Tierra vereda	T - 1	T - 2
Arcilla %	60	45
Arena %	45	55

Fuente propia

Después de 28 días de fraguados las pruebas manuales realizadas a los 2 tipos de tierra se evidencio que no hubo presencia de agrietamiento ni presencia de hongos. La Tierra T-2 tiende a desmoronarse con facilidad en las puntas. La tierra T-1 presenta mayor resistencia en sus aristas puede llegar a ser una opción fiable por su composición, aun que deba agregarse una proporción de arena en un 30%, Ya que la muestra de sedimentación comprueba que esta tierra posee más cantidad de arcilla que de arena.



Ilustración 43. Bloques artesanales fraguados. (Izq.) T1 – (Der.) T-2

Las pruebas manuales para los bloques de 5 x 5cm arrojaron que T1 tiene un contenido superior de arcilla en un 60 % y un 40% de arena. La T2 con un 45% de arcilla y un 55% de arena. Pero en las pruebas manuales su comportamiento fue óptimo al cumplir los requisitos de resistencia, elasticidad y adsorción.

T1-a. Prueba de referencia

T1-b. Su comportamiento es estable, pero al ejercer presión manual sobre él se desmorono con facilidad.

T1-c. Presenta gran resistencia al ser sometido a presión, tiene características similares al

T2-a. Prueba de referencia

T2-b. Al tratar de mover se partió por la mitad

T2-c. Se pudo mover, pero al tratar de someterlo a presión se fragmento.

El tipo de tierra más apropiado fue el T1 ya que en su composición hay más cantidad de arena, lo que ayudo a que los elementos tuvieran una mejor cohesión.

El tipo de mezcla que mejor se comporto fue el T1-c. Al tener un mejor comportamiento a las diferentes pruebas manuales.

Tabla 11.
Resultado tierra más optima

# Mezcla	T.1	Cemento	Arena	Ceniza	Mineral
1	3	1	3	-	-

13.2 Prueba Laboratorio

13.2.1 Prueba Compresión Bloques 5x5x5cm

Después de 28 días de fraguados los bloques de 5 x 5 x 5 cm, se procede a tomar las medidas todas las caras y se procede a fallar el bloque.

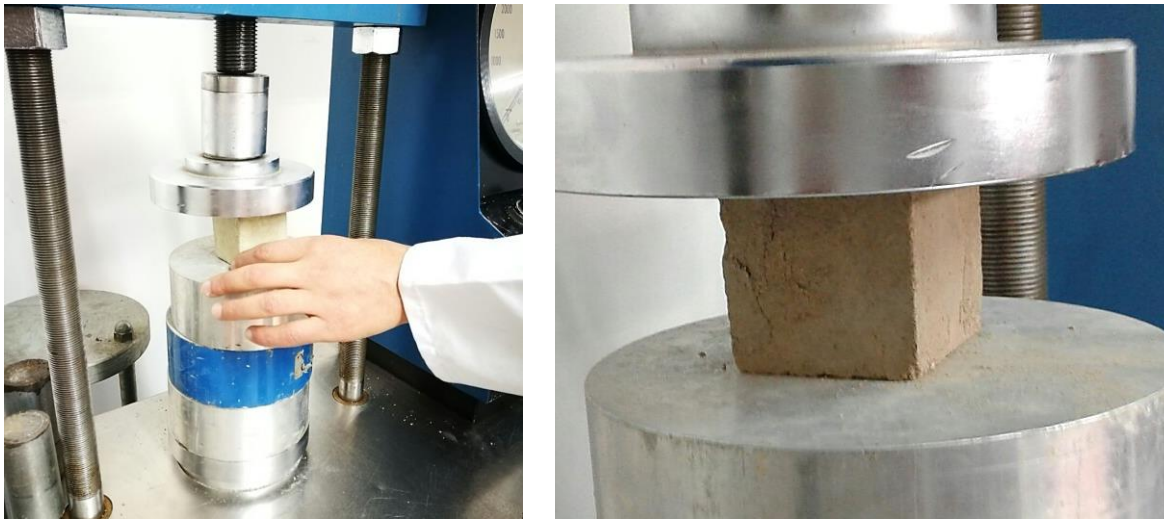


Ilustración 44. Fallo bloques 5 x 5. Compresión

Se mide su resistencia a la compresión en MPa teniendo como referente la resistencia de un adobe de 0.1 MPa. Para la muestra fue: 1) .08. 2).07. 3).09. 4).095

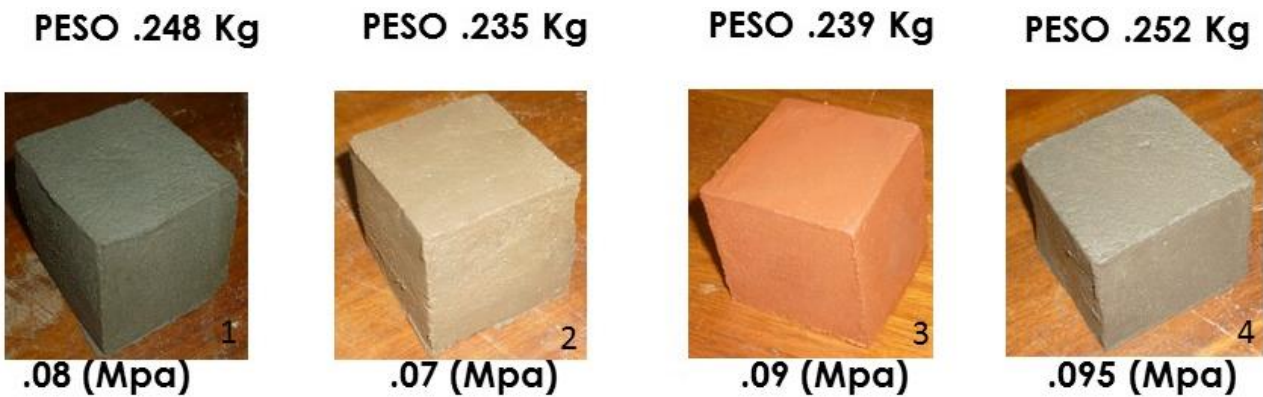


Ilustración 45. Resultado Fallo bloque-Compresión

13.2.2 Prueba Compresión adobe autóctono



Ilustración 46. Fallo adobe autóctono. compresión

Peso (kg)	Medidas (cm)	Composición	Resistencia MPa
4.386	29 X 14 X 7	Arcilla-Boñiga	0.7

Tabla 12.

Resultados pruebas empíricas Bloques 5 x 5cm

# Mezcla	T.1	T.2	Cemento	Arena	Ceniza	Mineral
1	3	-	1	3	-	-
2	-	3	-	2	-	-
3	1	-	-	1	-	1
4	-	3	-	2	1	-

Dosificación de materiales empleada para pruebas empíricas. Fuente propia

13.2.3 Resultado Prueba Compresión BTC

Una vez fraguados las muestras después de 28 días, se toman las medidas todas las caras y se procede a fallar el bloque.



Ilustración 47. Fallo muestras BTC. Compresión

Tabla 13.

Valores de resistencia a la compresión seca

# Muestra	Área Bruta (cm ²)	Carga Máxima (Kn)	Resistencia Compresión (Mpa)
1 - A	225	37.4	1.7
2 - A	225	31.5	1.4
3 - A	225	22.3	1
4 - A	225	16.2	0.72
5 - A	225	36.2	1.6
6 - A	225	21.8	0.97

Fuente: Propia. Ensayo realizado según norma colombiana NTC 5324



Ilustración 48. Resistencia Compresión. La norma NTC regula bloques entre 2 y 6 MPa

Según los resultados obtenidos la mezcla que presenta mayor resistencia es la # 5 con 1.6 MPa, cuya proporción es de 75 % ceniza (II) – 25 % cemento, lo que se acerca a los valores de la muestra con 2 MPa. La muestra referente está en lo mínimo permitido por la norma que es de 2 MPa.

13.2.4 Prueba de Absorción



Ilustración 49. Prueba adsorción

Debido a la gran disgregación de los bloques al introducirlos en el agua, en el fondo se empiezan a aparecer partículas desprendidas del material lo que hace que sea difícil medir este valor.

Tabla 14.
Resistencia adsorción

# Muestra	Dimensiones cm	Peso Inicial kg.	Peso 24 h.	Peso humedo	Proporción
1- A	30 x 15 x 9.5		8.329	8.210	% 12
2 - A	30 x 15 x 9.5	7.479	7.026	6.948	% 7.8
3 - A	30 x 15 x 9.5	7.114	6.943	6.827	% 11.6
4 - A	30 x 15 x 9.5	7.254	7.043	6.942	% 10
5 - A	30 x 15 x 9.5	7.677	7.299	7.165	% 8.4
6 - A	30 x 15 x 9.5	7.074	6.616	X	X

Fuente: Propia. Ensayo realizado según norma colombiana NTC 5324



Ilustración 50. Resultado prueba adsorción

13.2.5 Prueba de Inmersión



Ilustración 51. Después de 24 h. se disgrega la muestra #2



Ilustración 52. Prueba inmersión 48 h.



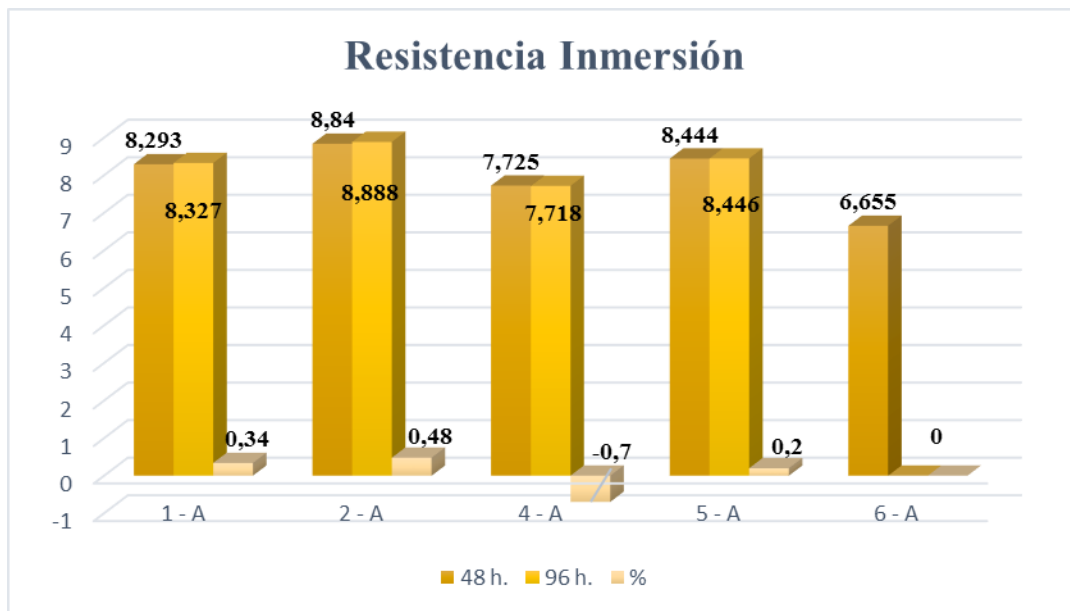
Ilustración 53. Prueba inmersión 96 h.

Tabla 15.

Resistencia Inmersión

# Prueba	Dimensión cm	Peso Inicio kg.	P. 48 h.	P. 96 h.	Perdida Material
1 - A	30 x 15 x 9.5		8.293	8.327	.034
2 - A	30 x 15 x 9.5	8.596	8.840	8.888	.048
3 - A	30 x 15 x 9.5				
4 - A	30 x 15 x 9.5	7.381	7.725	7.718	.07
5 - A	30 x 15 x 9.5	7.744	8.444	8.466	.02
6 - A	30 x 15 x 9.5	6.655	X	X	X

Fuente propia



Al estar inmerso en agua la tierra comienza a disgregarse y se comienza a perder material obteniendo de esta forma un peso que no corresponde con el peso seco del bloque, entonces se debe pesar el bloque, luego con el agua adsorbida y se le resta la pérdida de material.

13.2.6 Prueba Flexión

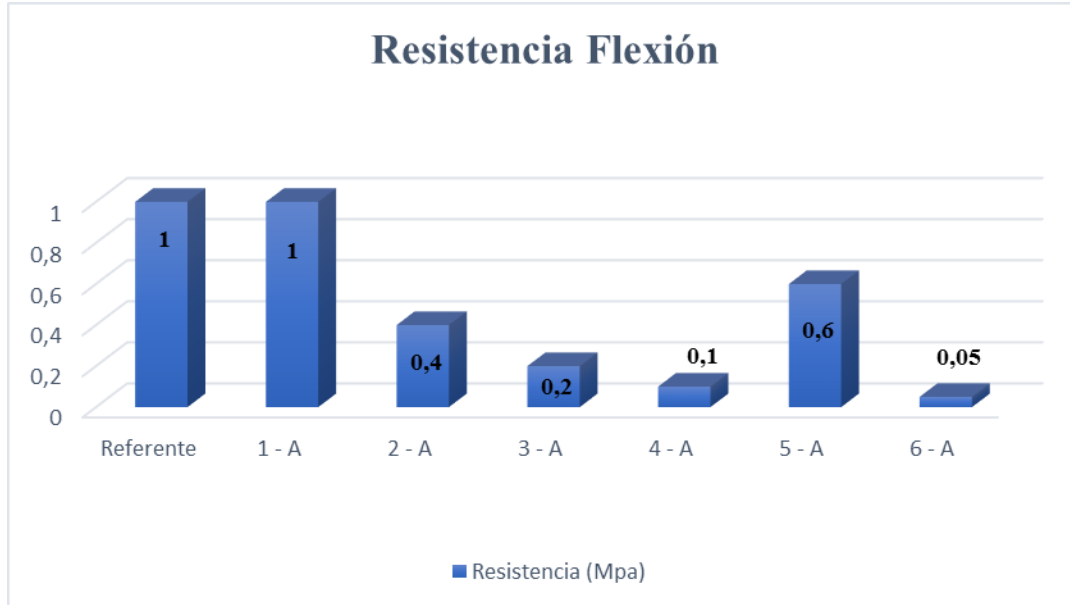


Tabla 16.

Resistencia Flexión

# Prueba	Dimensión cm	Peso kg.	Fallo (Kn)	Fallo (MPa)
1 - A	30 x 15 x 9.5	7.203	2.3	1
2 - A	30 x 15 x 9.5	7.135	0.94	0.4
3 - A	30 x 15 x 9.5	7.058	0.45	0.2
4 - A	30 x 15 x 9.5	7.047	0.28	0.1
5 - A	30 x 15 x 9.5	7.391	1.23	0.6
6 - A	30 x 15 x 9.5	6.866	0.12	0.05

Fuente propia.

14 Propuesta Vivienda

Según la información climática se orienta la fachada principal nor-oriente de tal manera que halla una ventilación cruzada sobre el área social y de esta manera se mantenga una temperatura fresca en la vivienda, y se protege la zona privada del sol en la tarde lo que mejora el confort de los cuartos en la noche

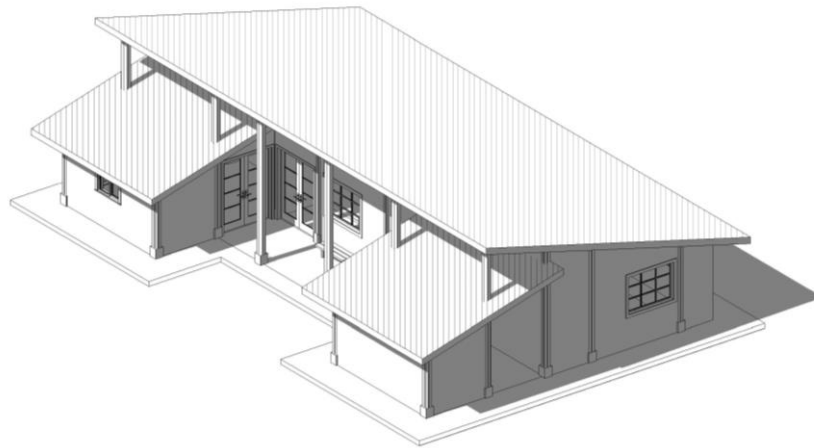


Ilustración 54. Módulo habitación en 3d. Fuente propia

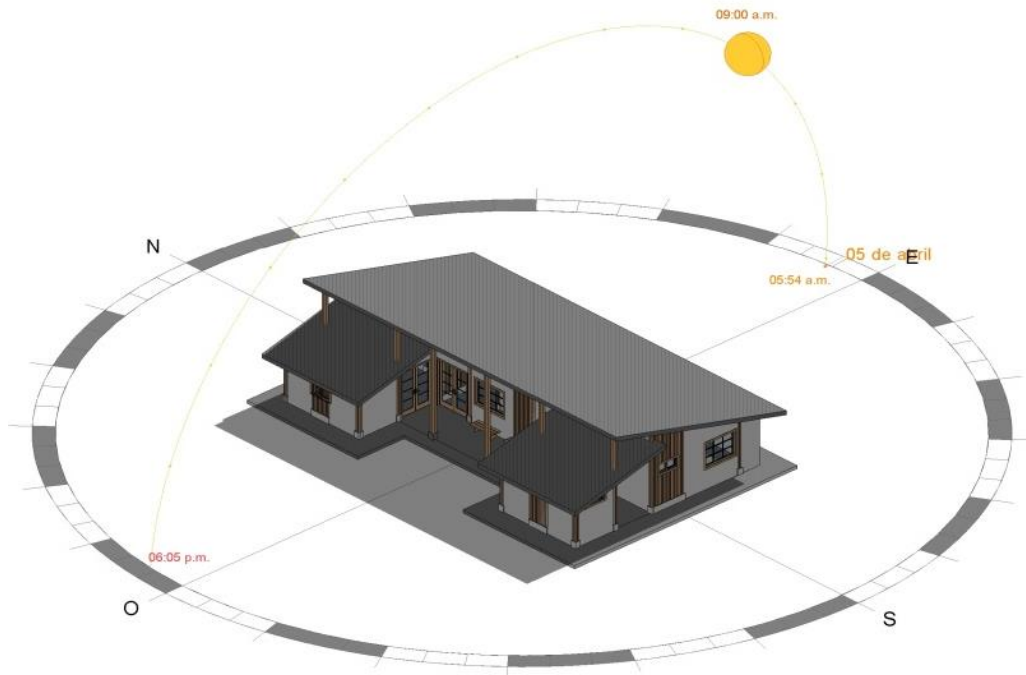


Ilustración 55. Orientación según determinantes climáticas

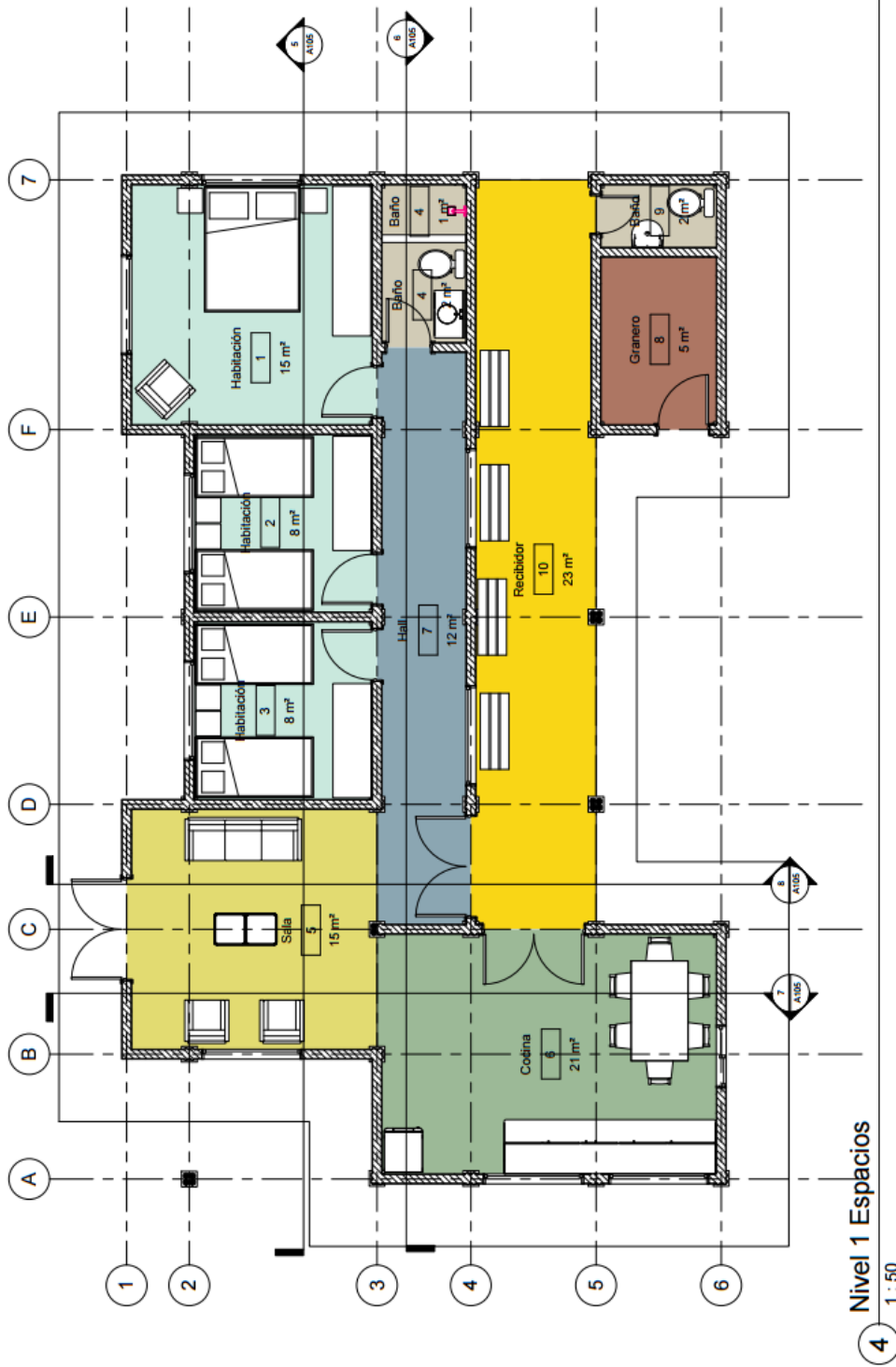


Ilustración 56. Zonificación. Fuente propia

En la ilustración 39. se puede observar la zonificación del prototipo de vivienda cuyos espacios son los siguientes:

1. Habitaciones

Las habitaciones son la zona que solo se utiliza en horas de la noche ya que es una zona en la que no les gusta permanecer mas horas de lo normal según los habitantes prefieren estar en otro lugar realizando otra actividad que en las habitaciones se utilizan habitaciones amplias por la temperatura y para cuando llegan visitas.

2. Sala estar

La sala de estar es un area privada donde solo se comparte con amigos y familiares esta zona es utilizada para compartir en familia al finalizar el dia.

3. Cocina

La cocina juega un papel importante por que es un ingreso economico, ya que en las mismas viviendas hay trapiches y se cocina para los obreros en tiempos de moliendas, la cocina se maneja como las tradicionales con una puerta exterior de tal manera que da la sensacion que esta aparte de la vivienda esto con el fin de no separarla por completo.

4. Recibidor

El recibidor es una de las gerarquias de la vivienda ya que para ellos es mejor estar en tiempos de verano en el exterior que en el interior, tambien prefieren compartir con conocidos en la parte externa y que se mantenga su privacidad sin que los visitantes ingresen a la vivienda.

5. Baños

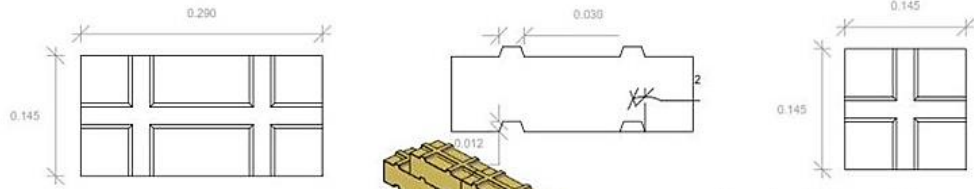
Se manejan dos baños el interior que es baño privado y el exterior para los vecinos o visitantes .

6. Hall

7. Granero

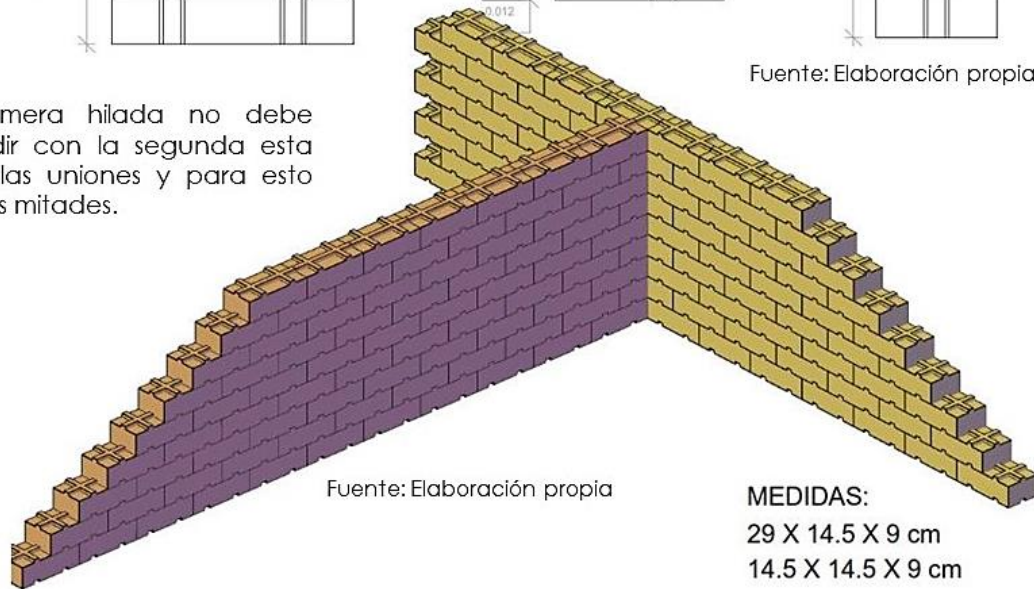
MODULACIÓN

La colocación de las primeras hiladas es muy importante ya que estas definen el traslape de los BTC .



Fuente: Elaboración propia

La primera hilada no debe coincidir con la segunda esta cierra las uniones y para esto usamos mitades.

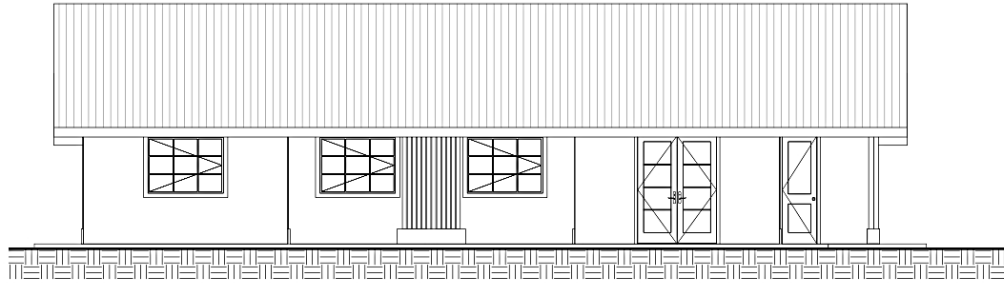


MEDIDAS:
29 X 14.5 X 9 cm
14.5 X 14.5 X 9 cm

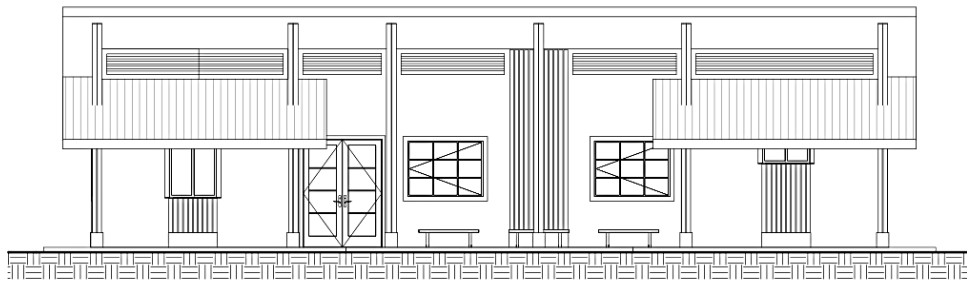
Ilustración 57. Forma y ensamble BTC propuesto



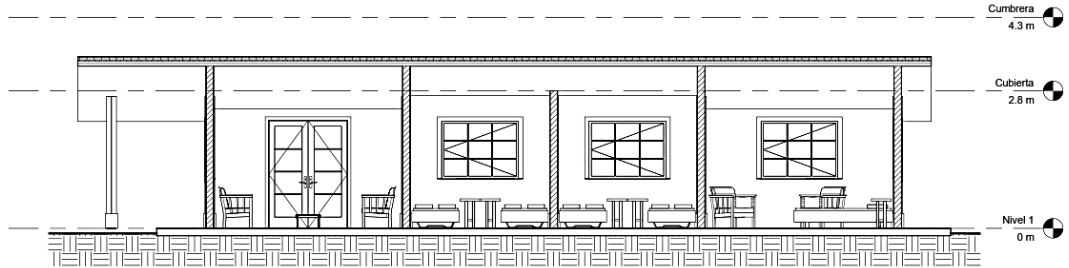
Ilustración 58. Prototipo Bloques de autoencaje



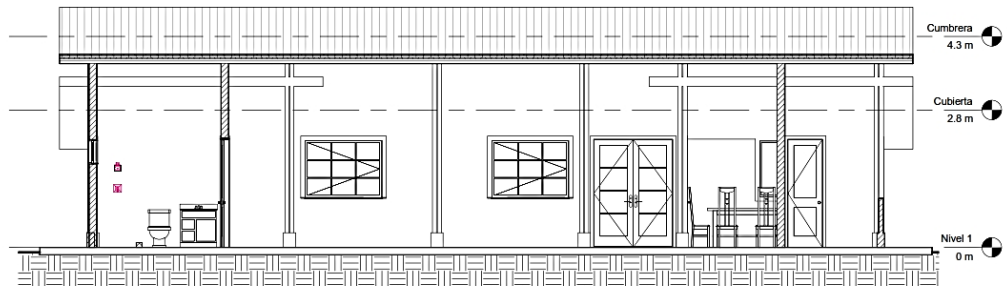
2 Norte
1:50



4 Sur
1:50



5 Corte A
1:50



6 Corte B
1:50

Ilustración 59. Alzado y corte longitudinal

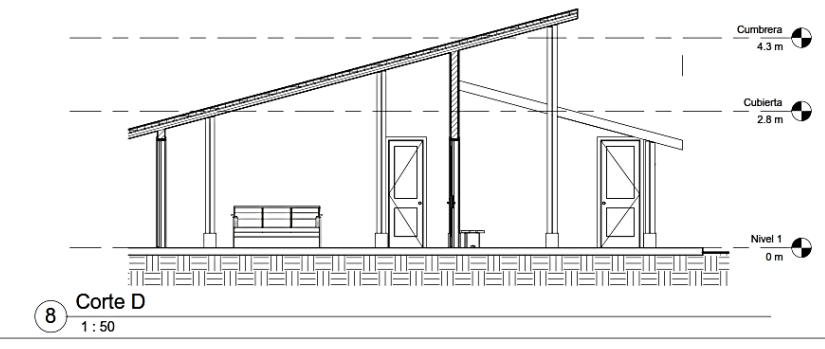
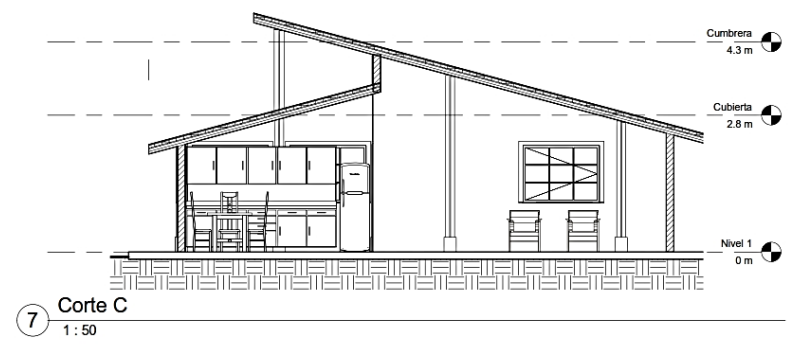
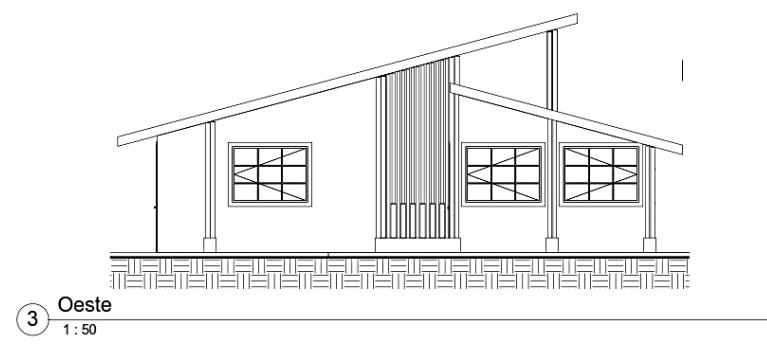
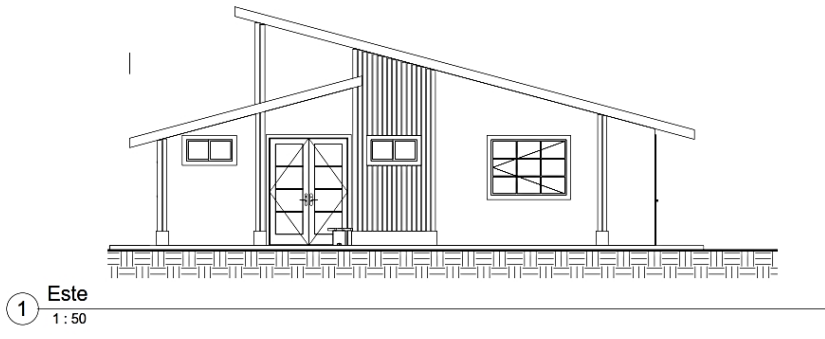


Ilustración 60. Alzado y corte Transversal

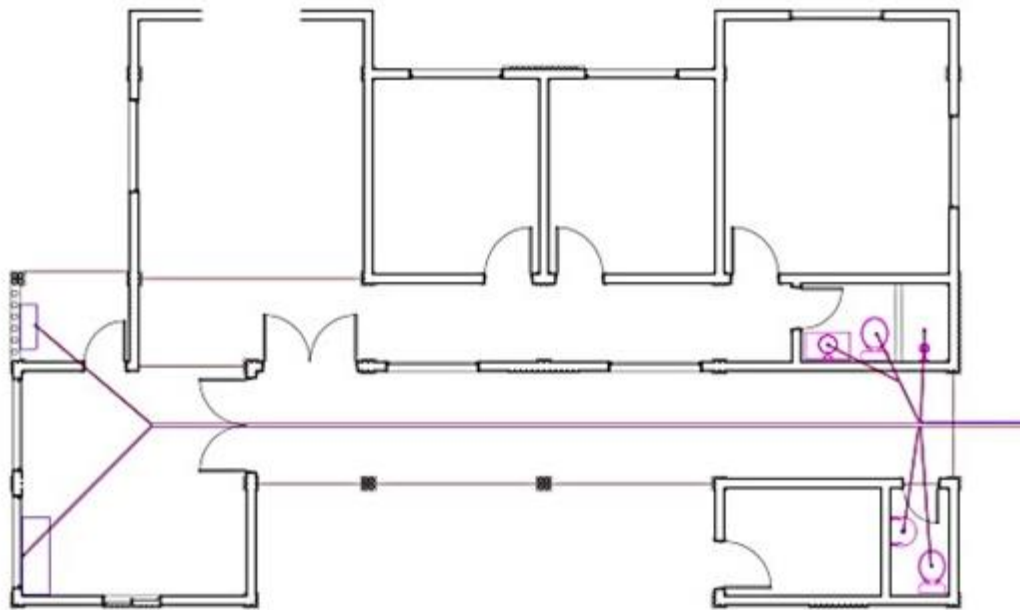
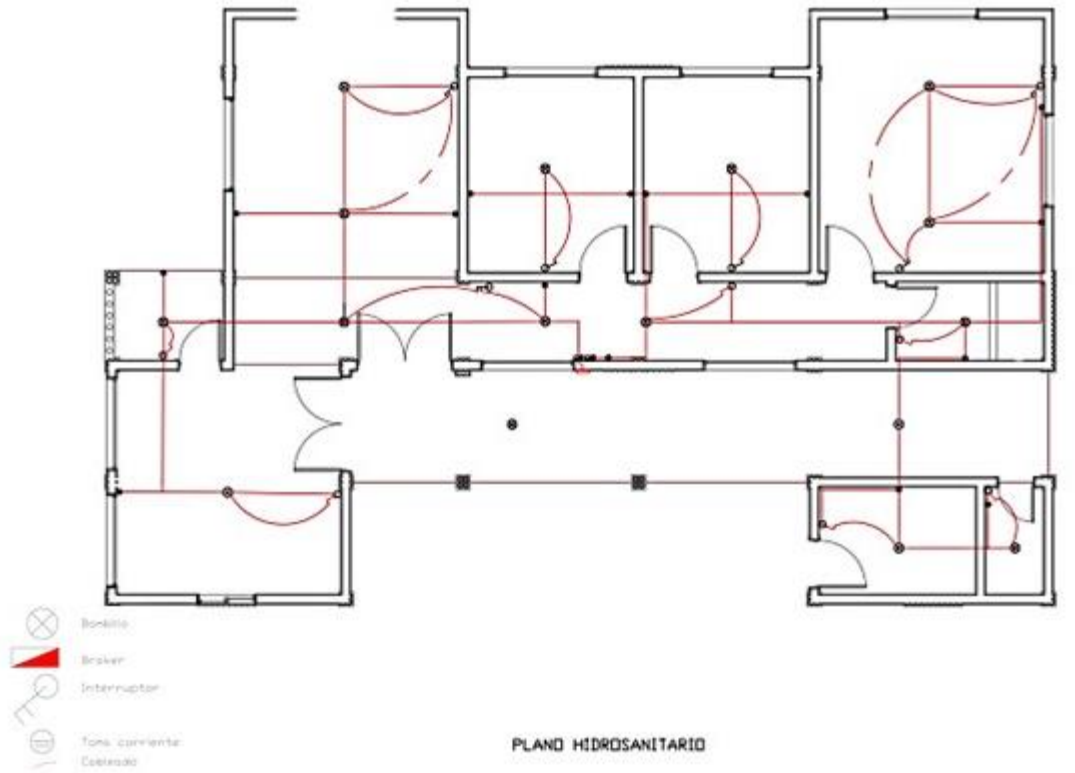
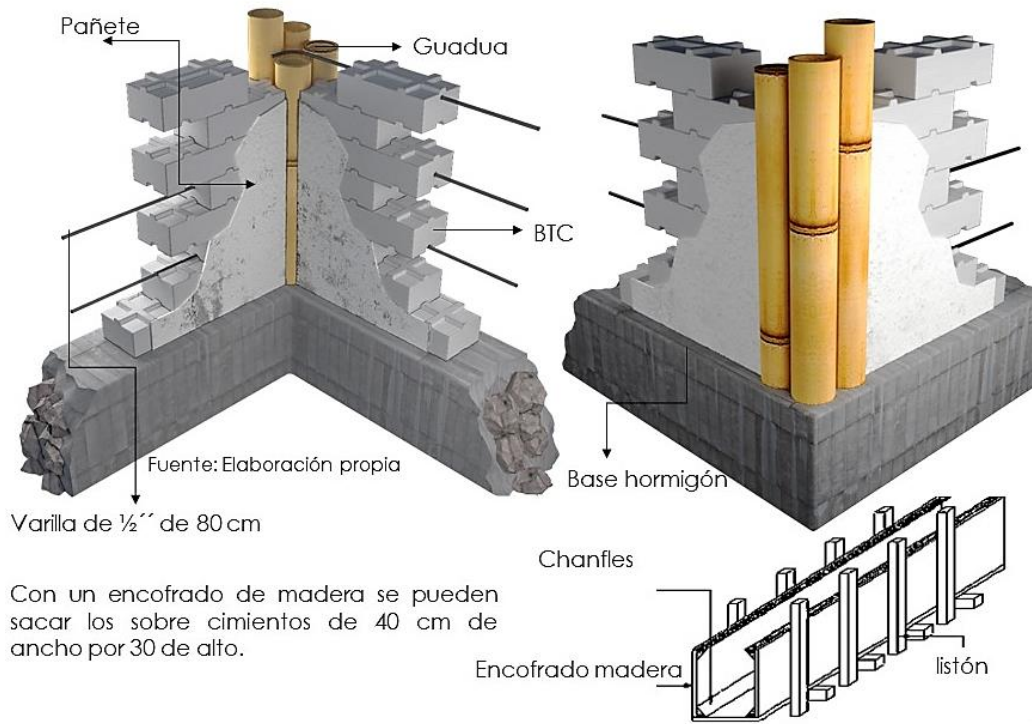


Ilustración 61. Plano instalaciones eléctricas e hidrosanitarias

SOBRECIMIENTO



REFUERZOS HORIZONTALES

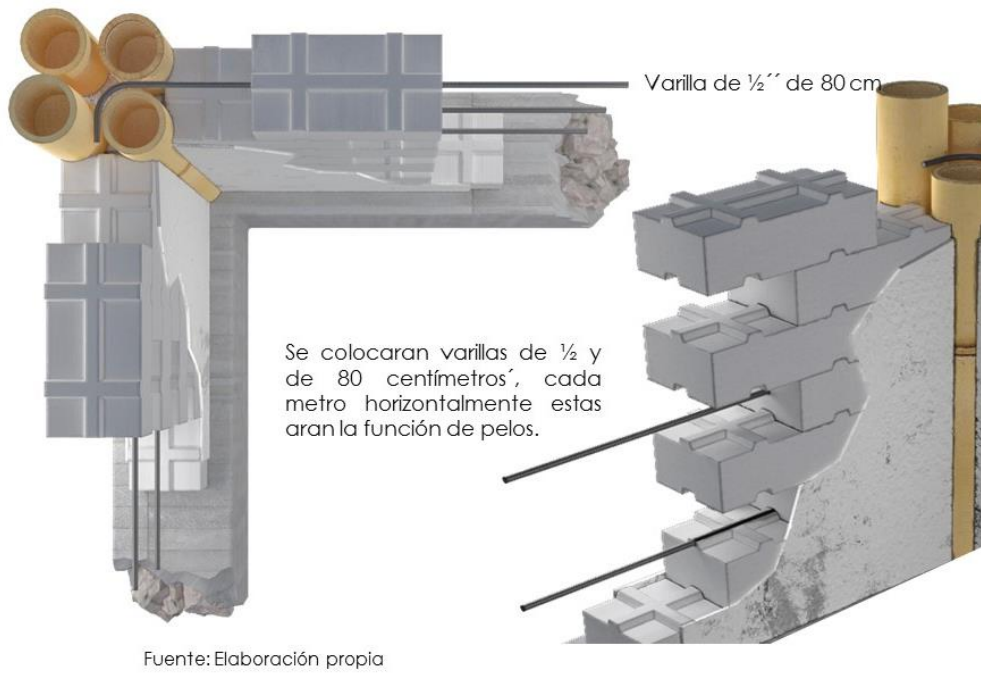


Ilustración 62. Detalles cimentación y refuerzos

TECHOS

El techo no debe ser muy pesado debe tener un alero de de 1 metro para protegerla vivienda de la lluvia y una pendiente del 27%

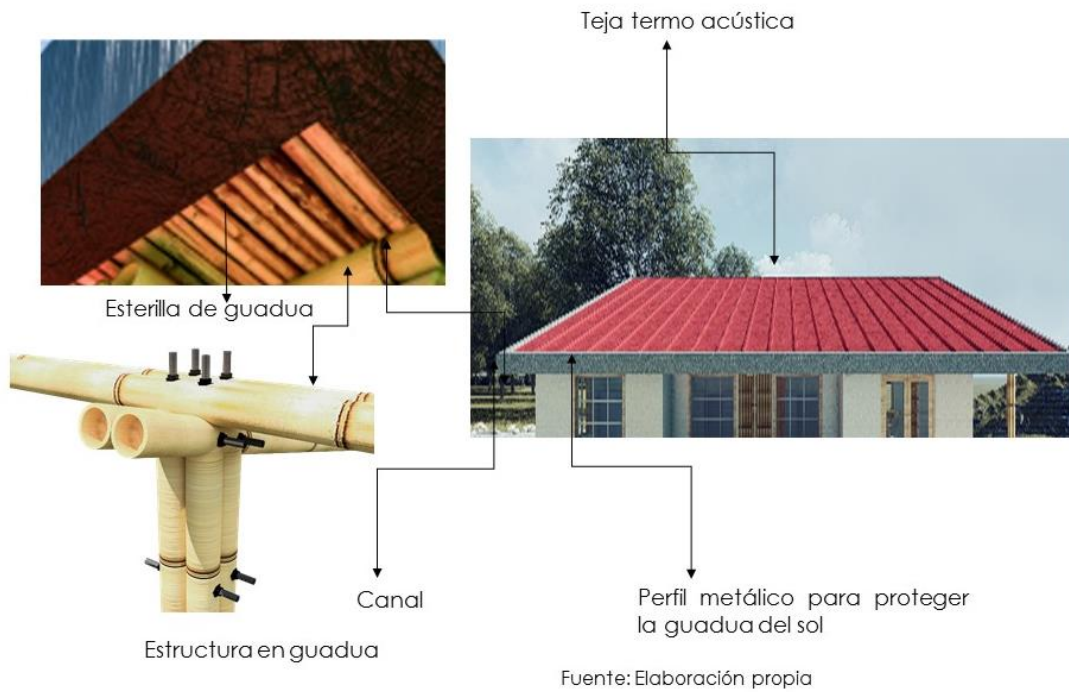


Ilustración 63. Detalle cubierta



Ilustración 64. Render vivienda propuesta

15 Conclusiones

La tierra que presento mejores resultados para la fabricación de BTC en la vereda Cálamo del municipio de Nimaima es la T1 presentando mejores características de resistencia y durabilidad.

Composición %	Tierra	Arena
T - 1	60	40

La mezcla que mejor comportamiento tuvo para los bloques de 5 5x5 fue la mezcla 1, alcanzando valores de resistencia a la compresión cercanos a un adobe normal. Aunque la mezcla 4 presento valores de 0.9 MPa pero debido al agregado mineral rojo.

# Mezcla	T.1	Arena	Ceniza	Resistencia MPa
1	3	3	3	0.08

Según la prueba que se hizo al adobe autóctono se puede comprobar que, a pesar de no haber tenido un control en su mezcla, este alcanzo valores permitidos para la construcción de adobe. Se recomendaría a este tipo de adobes hacerles un recubrimiento en cal para que lo aislé de la intemperie, este recubrimiento ayuda a que los muros respiren y a regular la temperatura interior de los espacios.

La mejor mezcla que se utilizó según la proporción de Protierra fue la #4. Ya que según las muestras de laboratorio fue la que sobresalió a todas las pruebas obteniendo mejor resistencia.

Según las pruebas arrojadas de la CBC que se tomó de los trapiches de la vereda Cálamo, se comprobó que la mejor era la CBC II la que fue quemada sola para obtener una CBC pura. No se vio un resultado relevante de la CBC I producto de la mezcla de otras cenizas.

Se afirma que para que acreciente su valor puzolanico la CBC, se debe calentar a una temperatura de 600°C. (Ma-Tay. D. 2014). Esto aumenta su resistencia a la durabilidad.

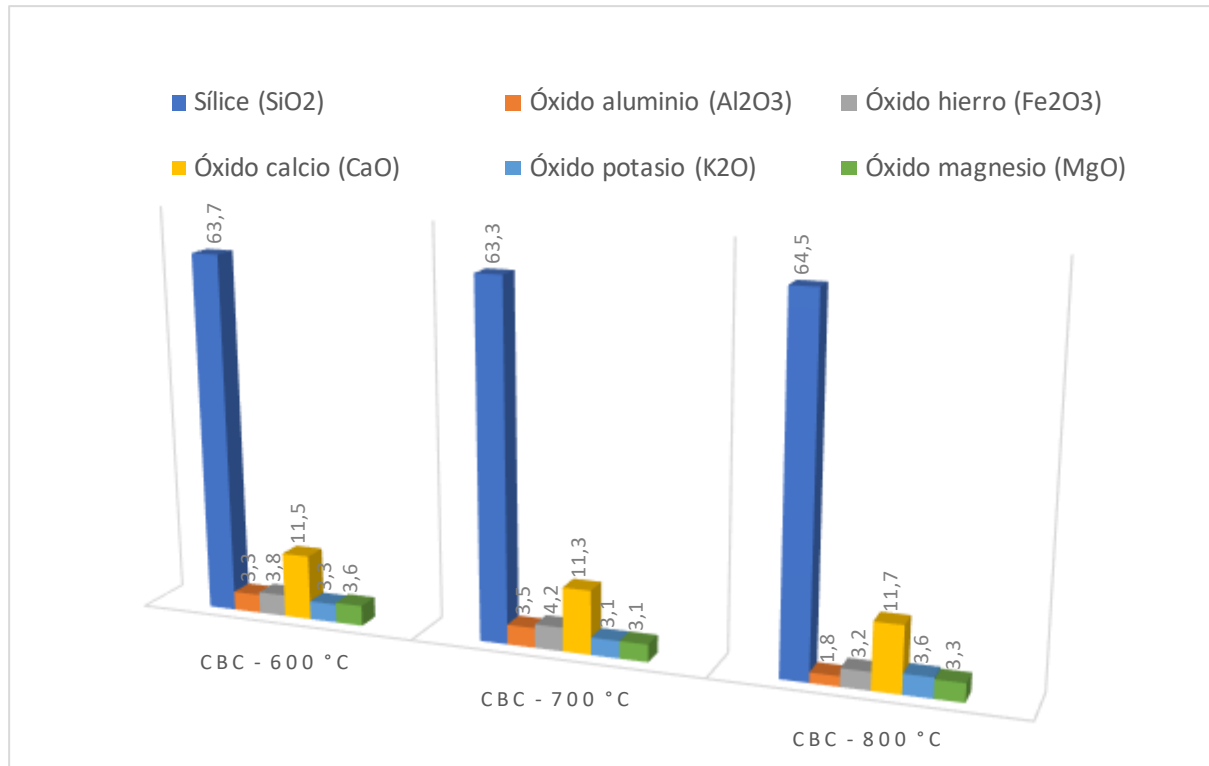


Ilustración 65. (Investigación. Ma-Tay. 2014).

Se concluye así que la mejor mezcla para fabricar BTC en la vereda Cálamo del municipio de Nimaima es con tierra T1 y con la CBC II. Se aconseja adicionarle la CBC-1 en proporciones 75% CBC y 25% cemento.

# Mezcla	Arcilla	Arena	Cemento	CBC - II
%	40	50	7.5	2.5

Como conclusión según los análisis hechos se orienta la fachada principal hacia el norte de tal manera que la fachada más larga estará protegida por el sol de la mañana y de la tarde, también se aprovechan los vientos más fuertes generando una ventilación cruzada manejando unas celosías de piso que se encuentran en la sala de estar esto genera que el aire caliente salga por la cubierta.

Cimentación ciclópea con un sobre cimientos los cimientos tendrán 60 cm de ancho por 40 cm de profundidad, los cimientos van en piedra medio songa (por cada hilera de piedra se echa un lleno de concreto pobre (6 arena 1 cemento) hasta cubrir la fundición.

La estructura se maneja con columnas de 4 guaduas altura de aprox 4.5 m hasta la cubierta con anclaje en varillas de media pulgada entre 80 y 1 metro que hacen la función de pelos para amarrar y dar rigidez del muro y la columna estas varillas se colocan cada metro horizontalmente

Los muros interiores van con guadua completa y en los exteriores se usa guadua de enchape para remplazar cuando se daña por otro lado el detalle de la cubierta va en esterilla de guadua en la parte inferior de la cubierta

17 Bibliografía

- Alarcon, A. (2014). *Estudio Micro zonificación Sismica*. Bogotá.
- Álvarez, O. M. (2000). *Casas de fin de semana, entre la tradición y la máquina*.
- Arquitectura bioclimática: casas que ahorran*. (2015).
- AIS. (2003). *Asociación colombiana de ingeniería sísmica, manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería*. 2003)
- Bambusa. (2012). *Diseño y construcción de estructura en Bambú Guadua para vivienda en Anolaima – Cundinamarca – Colombia*.
- Capurro, L. F. (2010). *Asociación de cultivadores de caña de azúcar de Colombia*. Cali.
- (2013). *Centro nacional para el estudio del bambú guadua*. Cali.
- Chavarria, D. (2009). *Bloques de tierra comprimida sin adición de cemento*. Madrid.
- Colombia, C. d. (1999). *Ley de vivienda 546*. Bogotá .
- Craterre. (2006). *Manual de producción de BTC*.
- Cundinamarca, A. d. (2010). *Reseña Histórica*
- Donald, J. M. (2011). *Vivienda bajo costo*. Chile.
- Etchebarne, R. Piñero, G. (2006). *Manual de Bloques de Tierra Comprimida*. Uruguay.
- Fundación MAPFRE (2007). *Bloques de tierra comprimida (BTC) sin adición de cemento*.
- Jiménez, V. (2013). *Efecto de la Ceniza de Bagazo de Caña y Ceniza Volante en la trabajabilidad, propiedades mecánicas y durabilidad de concretos ternarios*. México. Chihuahua. Tesis Doctoral.
- Lorenzo. P. (2005). *Un techo para vivir. Tecnologías para viviendas de producción social en América Latina*. Barcelona-España.

Hernández, U. (2011). *Comportamiento mecánico y físico del mortero a base de CBCA como árido en Aplanados en muros*. México. Veracruz.

Ma-Tay, D. (2014). *Valorización de cenizas de bagazo procedentes de honduras: posibilidades de uso en matrices de cemento*. Valencia- España.

Minke, G. (2011). *Manual de Construcción en tierra*.

Moreno, J. R. (2014). *Vivienda de interes socia participativa*. Barichara.

NTC 5324. (2004). *Norma tecnica - Bloques de suelo cemento*. Colombia.

Gatani, M. (2000). *Ladrillos de suelo cemento: Mampuesto tradicional en base a un material Sostenible*. Argentina.

P, L. (2005). *Tecnología para vivienda de producción social en AméricaLatina*. Chile.

Pellis.S. (2009). *Reflexiones sobre la autoconstrucción del hábitat popular en América latina*

P. D. N. (2015). *Plan de Desarrollo Nimaima*. Bogota.

Planeacion, S. d. (2016). *Estadísticas Cundinamarca*. Bogota.

Pinos, A. (2015). *Evaluación estructural del efecto del mortero de pega sobre probetas de muro de ladrillo de tierra compactada bajo esfuerzos de compresión axial*. Cuenca-Ecuador.
Tesis Magister Ing.

Revista facultad de ingeniería. (2011). *Cedec 63 vol 20*.

Rios, L. S. (2011). *La autoconstrucción del hábitat popular en américa latina cyted* . Bolivar.

Rodriguez, C. (2004). *Manual de Autoconstrucción*. Bogota.

Rojas, J. E. (2012). *El Bambú-Guadua como material de construcción*. Antioquia.

Roux, R. (2010). *Los Bloques de Tierra Comprimida (BTC) en zonas húmedas*. México D.F

Rubio, G. (2007). *Arte y mañas de la guadua*. Colombia

Ossa, M. Jorquera, S. (1990). *Cementos con cenizas volantes*.

Sofia, L. (2012). *Lima, s. varum, h. sales, a. neto, v. (2012). analysis of the mechanical properties of compressed earth block masonry using the sugarcane bagasse ash*.

Sísmica, A. c. (2003). *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería*.

Trasferencia de tecnología . (2014). Obtenido de camaras.

Ubidia, J. M. (2015). *Manual de construcción-Construir con Bambú*. Lima-Peru.

Tierra Viva, F. C. (2007). *Proyecto piloto de vivienda de interés social e bloque de tierra*. Antioquia.