

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

JOHAN STEVEN LONDOÑO JIMÉNEZ

DIEGO FERNANDO RAMÍREZ REY



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

Universidad La Gran Colombia

Facultad de Arquitectura

Programa de Tecnología en Construcciones Arquitectónicas

Proyecto de grado

Bogotá, Colombia 2017

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Presentado para optar al Título de
Tecnólogo en Construcciones Arquitectónicas

Coordinador de PTCA:
ARQ. Nelson Ricardo Cifuentes Villalobos

Docente de Proyecto:
ARQ. José Alcides Ruiz

DIEGO FERNANDO RAMÍREZ REY
JOHAN STEVEN LONDOÑO JIMÉNEZ



Universidad La Gran Colombia
Facultad de Arquitectura
Programa de Tecnología en Construcciones Arquitectónicas
Proyecto de grado
Bogotá, Colombia 2017

NOTA DE ACEPTACIÓN

Observaciones

Firma Director Trabajo de Grado

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Bogotá, diciembre de 2017

AGRADECIMIENTOS

Steven Londoño Jiménez: Gracias principalmente a Dios que me brindo la fortaleza en los momentos de más adversidad. A mi madre, que ha sido el mayor apoyo a lo largo de esta carrera, con sus palabras motivadoras y sus ganas de salir adelante me ha inspirado a siempre seguir. A mis hermanos, cada uno de ellos por todas esas noches en las que me hicieron compañía y me llenaban de alegría. A Diego, mi compañero de proyecto, por ser un gran amigo, por acompañarme en esta larga travesía, que es el comienzo de algo grande y no hay palabras para describir todo lo que le estoy agradecido.

Diego F. Ramírez Rey: Agradezco enormemente a mi familia en especial a mi mamá, hermanas y hermano, quienes son el motor de mi vida y con su fortaleza y apoyo no me permiten desfallecer, a mis amigos que en momentos de lucha saben cómo alegrar el día. A Steven quien se convirtió en mi amigo y compañero de trabajos, traspasadas, risas, etc. Me siento muy agradecido porque encontré un apoyo incondicional en él. También a mis otros compañeros de la universidad, quienes fueron un apoyo continuo. Gratitud total a “la banda ugc”.

A la arquitecta Andrea Niampira, por apoyar este proyecto desde el inicio, aconsejándonos en que debíamos avanzar y sus correcciones, su ayuda al momento de realizar las pruebas acústicas.

Al arquitecto Walter Barreto, por su tiempo al momento de ir al laboratorio de tierra, su colaboración con el sonómetro y prácticas al prototipo.

Al Arquitecto José Alcides Ruíz, su constante exigencia nos permitió mejorar las cosas, su asesoría en todo el desarrollo del proyecto, por guiarnos.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1. LISTADO DE ILUSTRACIONES	6
2. LISTADO DE TABLAS.....	7
3. Resumen.....	8
4. Palabras Clave:.....	8
5. Abstract	9
6. Keywords:	9
7. Introducción	10
8. Problemática	11
9. Justificación	15
10. Objetivo general.....	17
11. Objetivos específicos	17
12. Marco referencial	18
13. Desarrollo del proyecto.....	31
14. Conclusiones	53
15. Recomendaciones	55
16. Referentes bibliográficos	56

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

1. LISTADO DE ILUSTRACIONES

<u>Imagen N°1 mapa de Colombia</u>	23
<u>Imagen N°2 sedimentación</u>	33
<u>Imagen N°3 mezcla 1</u>	34
<u>Imagen N°4 prueba de cigarro</u>	35
<u>Imagen N°5 mezcla prueba de disco</u>	35
<u>Imagen N°6 prueba de disco</u>	36
<u>Imagen N°7 mezcla y prueba de esfera</u>	36
<u>Imagen N°8 mezcla 4</u>	37
<u>Imagen N°9 mezcla y prueba de cigarro</u>	37
<u>Imagen N°10 mezcla y prueba de disco</u>	38
<u>Imagen N°11 mezcla de esfera</u>	38
<u>Imagen N°12 prueba de esfera</u>	39
<u>Imagen N°13 marco en madera</u>	41
<u>Imagen N°14 marcos prototipo</u>	41
<u>Imagen N°15 tamaño real prototipo</u>	41
<u>Imagen N°16 sonómetro</u>	43
<u>Imagen N°17 hueco de prueba</u>	43
<u>Imagen N°18 prototipos de prueba</u>	44
<u>Imagen N°19 prototipos en el hueco de prueba</u>	44
<u>Figura 20. Imágenes del tubo de impedancia.</u>	46
<u>Figura 21.Foto de la muestra de tierra 1 y su gráfica de absorción</u>	47
<u>Figura 22.Foto de la muestra de tierra 2 y su gráfica de absorción</u>	47
<u>Figura 23.Foto de la muestra de tierra 3 y su gráfica de absorción</u>	48
<u>Figura 24.Foto de la muestra de tierra 4 y su gráfica de absorción</u>	48

2. LISTADO DE TABLAS

<u>Tabla N°1 dosificaciones</u>	32
<u>Tabla N°2 dosificaciones</u>	34
<u>Tabla N°3 resultados de prueba</u>	45
<u>Tabla N°4 Muestra de tierra número 1.</u>	49
<u>Tabla N°5 Muestra de tierra número 2.</u>	49
<u>Tabla N°6 Muestra de tierra número 3.</u>	49
<u>Tabla N°7 Muestra de tierra número 4.</u>	49
<u>Tabla N°8 Valores de ruido de fondo por tercios de octava.</u>	50
<u>Tabla N°9 Coeficientes de absorción para cada banda analizada en cada material medido</u>	51

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

3. Resumen

Se ha observado mediante previas investigaciones de diferentes autores a lo largo del tiempo, que en sectores rurales y comunidades, no llega el conocimiento adecuado de nuevas tecnologías y métodos para construir de una manera efectiva, por lo cual, se quedan en técnicas constructivas tradicionales que se transfieren de generación en generación; comúnmente suelen ser aquellos sistemas vernáculos. En esos sectores se prefiere utilizar sistemas vernáculos por ser aquel sistema que su materia prima son materiales autóctonos y por lo tanto, los saben manipular ya que desde la niñez empiezan a interactuar con ellos y es el que mejor se acomoda a su economía.

Se plantea que por la falta de conocimiento de los avances tecnológicos de los materiales, y de cómo se deben utilizar, suelen cometer errores en los lineamientos del proceso constructivo que a largo plazo van a generar fallas en sus viviendas. De ahí se parte la idea de plantear una solución para el desarrollo de la vivienda rural, realizando una transferencia tecnológica para que así haya una posible solución ante la problemática propuesta. Lo que se busca es plasmar en un sistema constructivo una orientación la cual facilite a aquellas personas de comunidades o sectores rurales que quieran realizar el proceso constructivo para su vivienda. Esta propuesta se basa en un panel de madera con esterilla de guadua para la fabricación de bahareque.

4. Palabras Clave:

Sector rural, Construcción vernácula, Autoconstrucción, Estructuras de madera, Panel, Prefabricado, Anclajes, Industrialización, Modular

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

5. Abstract

It has been observed through previous investigations of different authors over time, that in rural sectors and communities, the adequate knowledge of new technologies and methods to build in an effective way does not arrive, for which, they remain in traditional constructive techniques that they are transferred from generation to generation; they are usually those vernacular systems. In these sectors, it is preferred to use vernacular systems because it is a system whose raw material is indigenous materials and therefore, they know how to manipulate it since childhood they begin to interact with them and it is the one that best suits their economy.

It is argued that lack of knowledge of the technological advances of materials, and how they should be used, often make mistakes in the guidelines of the construction process that in the long run will generate failures in their homes. Hence the idea of proposing a solution for the development of rural housing, making a technological transfer so that there is a possible solution to the problem proposed. What is sought is to translate into a constructive system an orientation that facilitates those people from communities or rural sectors who want to carry out the construction process for their dwelling. This proposal is based on a wooden panel with guadua mat for the manufacture of bahareque.

6. Keywords:

Rural sector, Vernacular construction, Self-construction, Wooden structures, Panel, Prefabricated, Anchors, Industrialization, Modular

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

7. Introducción

La construcción con materiales tradicionales de la arquitectura vernácula se ha ido reduciendo debido a los procesos de industrialización y utilización de materiales nuevos estandarizados normalmente más ligeros, desplazando el uso de técnicas y materiales autóctonos, dejando de lado los beneficios de conservación de costumbres y bajo impacto ambiental. En el contexto actual de la construcción ya se comienza a buscar nuevas soluciones que contribuyan en la reducción de emisiones contaminantes y consumo de energía de fuentes no renovables, teniendo en cuenta el aprovechamiento de materiales locales tradicionales.

El presente proyecto está enfocado en la investigación proyectiva del diseño de un sistema de paneles prefabricado en Bahareque con una estructura portante de doble esterilla de guadua a fin de implementarlo en zonas rurales. El panel de Bahareque se plantea como solución constructiva en entornos donde puedan implementarse, al tiempo que contribuye a la mitigación de algunas de las problemáticas mencionadas anteriormente. El diseño del panel se realizará mediante una modulación con dimensiones específicas, que será armado previamente para instalar en el lugar de la construcción, para posteriormente realizar el llenado o vaciado de la mezcla de tierra como revestimiento para la formación de cerramientos de muro.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

8. Problemática

Identificación

Conforme avanza el tiempo, se deja de lado la construcción rural, enfocando la arquitectura en las principales ciudades. Las viviendas urbanas se encuentran construidas mediante sistemas vernáculos, los cuales se han dejado de lado a través del tiempo, con esto se busca la recuperación de técnicas tradicionales de la arquitectura vernácula mediante la implementación de materiales locales y ecológicos de una forma más técnica.

Algunos de los materiales ofrecen versatilidad de tal forma que las personas de la región saben de su implementación por conocimientos ancestrales o tradicionales, sin embargo, el mejoramiento en la técnica y en el conocimiento del comportamiento de los materiales puede optimizar las técnicas para el desarrollo de nuevos sistemas.

”En posteriores terremotos y en el reciente de enero 25 de 1999, el bahareque rústico sufrió daños graves por lo precaria de su estructura, deficiente y aislada cimentación generalmente de piedras sueltas, estructuración de muros sin arrostramientos, por pudrición de sus materiales y la débil vinculación de las diferentes partes de la obra. Es de suponerse que los daños presentados en el pasado se repetirán en futuros eventos por el mal estado de los materiales y por los errores constructivos que aún se repiten”. (Mogollón, J. Revista CABLE)

En el anterior texto se evidencia una problemática común dentro del contexto del “proceso constructivo” del bahareque, algunos se presentan: desde el anclaje de muros a cimentación, muros sin arriostrar y un deficiente amarre entre muros en donde pese a este mal

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

manejo, muchas veces por desinformación de los constructores, principalmente desarrollado en el sector rural, que por ser tradicional se sigue construyendo de la misma manera, lo que conlleva a repetir algunas deficiencias en las construcciones. No obstante, el descuido por parte de sus propietarios y la falta de mantenimiento contribuyen a la problemática.

“Considera que existe un problema grave por la gran cantidad de construcciones en bahareque existentes, ya sea porque se incendien o porque la humedad las devaste. Lo más peligroso es que este tipo de construcción no da aviso y cuando ocurre el accidente se detecta que la estructura estaba podrida, aunque, aparentemente se veía en buen estado. El bahareque no solamente tiene el problema de humedad también es atacado por las plagas como insectos y roedores lo que hace que las viviendas construidas con este material sean insalubres. Ni hablar de los riesgos en caso de incendio. Se debe recordar que las viviendas construidas con este tipo de material tienen muchos años lo que significa que la madera usada para su construcción está seca y representa un buen caldo de cultivo para las llamas”. (Héctor Jaramillo Botero, arquitecto y profesor de la Universidad Nacional, con posgrado en restauración de monumentos en el texto ¿es el bahareque un sistema constructivo seguro?)

Se detectan fallas en el sistema constructivo de Bahareque donde se hallan problemas del material, poca supervisión técnica a corto y largo plazo; que se traduce en problemas de humedad, ataque de plagas o la pudrición de la estructura, muchas veces por el bajo interés en reparar y mantener en buen estado. Por ende, el problema no es el sistema o el material, sino su tratamiento y su mantenimiento.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Formulación

Los sistemas de construcción vernácula pueden ser una solución apropiada para mejorar la calidad de vida en las viviendas en el sector rural, pues los materiales son autóctonos y no es necesario implementar otro tipo de equipos de alta tecnología como si es necesario en construcciones en concreto e incluso en acero, materiales mayormente de alto costo e impacto ambiental. La implementación de bahareque como respuesta a cerramientos en vivienda rural es apropiada por varios factores como:

“Y también se debe proteger el bahareque por otras razones, no menos importantes. Un gran número de esas edificaciones hace parte de la mejor arquitectura regional que se haya dado en Colombia; tan buena, que cada vez gana más reconocimiento universal, por sus bellas formas y porque podría ser la más importante Cultura Sísmica Local del mundo”. (Jorge Enrique Robledo Castillo, Arquitecto; José Fernando Muñoz R., Arquitecto; y Gonzalo Duque-Escobar, Ingeniero. Profesores Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Armenia, Quindío. 1999 en AL BAHAREQUE LE FUE MUY BIEN).

De este modo el proyecto de investigación se centra en la propuesta de diseño, modulación y estandarización de paneles de bahareque, utilizando los materiales tradicionales de la técnica, adecuados, de fácil transporte e instalación, que responda a las necesidades de cerramientos para muros. Ya que de esta manera se podrá tener un mejor concepto del método constructivo vernáculo y se implementara de la mejor manera para que su construcción sea efectuada con calidad ya que si se implementa bien el material su respuesta va a ser mejor.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

“las casas casi todas construidas en bahareque se comportaron muy bien seguramente por estar bien construidas y por sus virtudes de liviandad, flexibilidad y ductilidad”. (Mogollón, J. Revista CABLE)

Delimitación

El proyecto se plantea para ser utilizado principalmente en un sector rural, donde es habitual el uso de diferentes técnicas de construcción en tierra incluyendo el bahareque manejando un sistema de panel prefabricado con un marco de madera modulado, para anclar a una cimentación con la unión entre muros, la propuesta plantea redescubrir las características y bondades de las técnicas en tierra a fin de ofrecer a la comunidad un sistema de construcción eficiente teniendo en cuenta que normalmente el problema no es el material, sino como se construye.

Problema

¿Cómo se puede contribuir al desarrollo de viviendas de calidad en el sector rural de Colombia mediante el uso del sistema constructivo bahareque de doble pared encementado?

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

9. Justificación

La construcción vernácula pese a la problemática que se mantiene con el medio ambiente, se da la idea de utilizar de nuevo materiales vernáculos en las construcciones, de esta manera recobrar los sistemas tradicionales que se empezaban a olvidar ya que la utilización de estos genera un mejoramiento en los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera terrestre, de esta manera en la fabricación de viviendas con materiales vernáculos en el sector rural será una respuesta muy apropiada para el déficit que se ve en Colombia, comparados con la últimas cifras sacadas por el DANE en el 2005.

“Según los resultados del Censo 2005, el 36,21% de los hogares del país presentó necesidades habitacionales; frente al Censo de 1993 (53,65%), disminuyó en 17,44 puntos. En la cabecera el déficit afecta el 27,00% de los hogares, y en la zona rural, al 68,25%; con respecto a 1993, se registraron reducciones de 18,30 y de 10,55 puntos, respectivamente”. (DANE, pp 1. 2005)

Para aprovechar su comportamiento sismo resistente ante el cerramiento de muros. Frente a este aspecto, se evidencia ante casos, como el temblor de 1999 en armenia en que las construcciones que estaban previamente “bien construidas” en bahareque, se mantuvieron con un notable desempeño positivo frente al movimiento telúrico.

“Las casas casi todas construidas en bahareque se comportaron muy bien seguramente por estar bien construidas y por sus virtudes de liviandad, flexibilidad y ductilidad”. (6. Ramírez N.N. pp. 149 en “dos guaduas, dos culturas, dos bahareques” Arq. Jaime Mogollón),

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

El aporte del proyecto además de ofrecer una solución práctica para el cerramiento de muros y la recuperación de tradiciones constructivas radica en su utilización en zonas rurales donde es habitual la autoconstrucción y algunos materiales utilizados en la actualidad son de lejana producción en algunos casos no muy accesibles o generan un alto impacto ambiental en su fabricación. Por otro lado, la construcción en tierra cruda ofrece ventajas a nivel térmico y de comportamiento frente al fuego entre otros.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

10. Objetivo general

Proponer el diseño de un sistema de paneles para la fabricación de bahareque encementado de doble pared que se desempeñe como muro de cerramiento y divisorio en vivienda rural.

11. Objetivos específicos

- Indagar sobre usos y patologías del bahareque en el sector rural de Colombia.
- Estudiar las diferentes dosificaciones en las mezclas de tierra utilizadas en la técnica del bahareque, y seleccionar la más apropiada.
- Proponer y diseñar un sistema de paneles de cerramiento y divisorios con los complementos de un muro como dinteles y antepechos para la conformación de bahareque encementado de doble pared.
- Plantear y verificar los diferentes accesorios o elementos complementarios de unión que conformen la construcción del sistema.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

12. Marco referencial

En el territorio colombiano, desde que obtener un hábitat en donde se pueda convivir se convirtió en una necesidad primordial, se inició la construcción de viviendas, dando una solución conveniente a la evolución que estaban adquiriendo las comunidades. Fue entonces que surgió la construcción vernácula, dando paso a la creación de sistemas constructivos de la época. En el periodo precolombino se redescubre con nombre propio la utilización del bahareque ya que la colonia dejó un tipo de herencia arquitectónica.

Desde ese período se inicia una interacción con los materiales autóctonos de la región; se descubre un gran desempeño de la tierra como material de recubrimiento de sus viviendas.

En las previas investigaciones se notan peculiaridades en la construcción del bahareque, fue entonces donde se vio la necesidad de descubrir las incoherencias; se encuentra “Guía para el diseño y la reparación de viviendas en bahareque de uno y dos pisos. (Ing. Rafael Alberti Santamaría, 2016)”, donde el autor hace referencia a estudiar sus anomalías, las causas por las cuales se puede producir que fallen sus muros o cubiertas comenzando desde la cimentación, y como está constituida. A partir de eso demostrar una forma en la cual se tendría una mejora en su sistema constructivo, partiendo del hecho de la composición de los materiales. Formando de tal manera una guía para una mejor construcción al momento de elaborar una vivienda.

En este caso se toma este documento para referenciar que tipos de anomalías podría presentar el bahareque y de este modo tener una mejor elaboración del elemento, pues el ing. Rafael Alberti hace una seria descripción en su investigación hacía el bahareque para que

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

asimismo se genere una guía con la cual se puedan desarrollar de una manera adecuada los procesos de fabricación de bahareque.

De este modo el “Arq. Mogollón Jaime 2015 en (Dos guaduas, dos culturas, dos bahareques)” expresa un amplio panorama al tema, pues el autor se centra en el proceso constructivo y que tipos de daños presentan estas estructuras. Se evidencia una conclusión clara del autor donde hace referencia a que sus fallas son: desde el anclaje de muros a cimentación, muros sin arriostrar y un deficiente amarre entre muros en donde pese a este mal manejo, muchas veces por desinformación de los constructores, principalmente desarrollado en el sector rural, que por ser tradicional se sigue construyendo de la misma manera, lo que conlleva a repetir algunas deficiencias en las construcciones. No obstante el descuido por parte de sus propietarios y la falta de mantenimiento contribuyen a la problemática.

Tomando este documento se decide realizar una investigación acertada a la transferencia tecnológica pues en este caso se evidencia en la investigación del autor que el problema no es el material sino como se construye y como dice en un fragmento de su investigación: “las casas casi todas construidas en bahareque se comportaron muy bien seguramente por estar bien construidas y por sus virtudes de liviandad, flexibilidad y ductilidad”.

Se hace también de gran importancia investigar sobre los nuevos métodos de mezclas de tierra ya que esto también hace parte del sistema constructivo. Se haya “Ensayos a mezclas de barro estabilizadas para el relleno y empañetado de paredes de Bahareque. (Ingeniería, Investigación y Tecnología, Volume 17, Issue 1, Pages 143-154)”, en el cual el autor se refiere a que las edificaciones de bahareque se deterioran mayormente por la vulnerabilidad del barro ante la humedad y por no emplearse mezclas adecuadas en su reparación. Por esta razón se decide

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

hacer ensayos; los cuales tendrán como objetivo identificar los diferentes comportamientos del material, para con esto llevar a cabo resultados favorables en el proceso de ejecución del proyecto.

Este ensayo coloca las mezclas en condiciones extremas de humedad, ya que realmente una edificación no permanecerá sumergida en agua, pero indica en caso de una lluvia fuerte y constante cómo se comportaría la mezcla.

Con este ensayo es posible conocer de forma aproximada el porcentaje de absorción de agua de las mezclas y, por lo tanto, su grado de impermeabilidad.

De este modo emplearemos diferentes ejemplares de mezclas y realizaremos ensayos de este tipo, pues una de las fallas que se evidenciaron anteriormente con uno de los autores es la falta de impermeabilidad de la mezcla. En este caso podremos evidenciar con que mezcla y que composición de materiales debemos usar para que se evidencie un resultado positivo.

Teniendo como fundamento conservar las técnicas tradicionales constructivas, pero dando cierto nivel tecnológico de la época, se toma como referencia “Arquitectura en tierra Hacia la recuperación de una cultura constructiva. Apuntes. Revista de estudios sobre patrimonio cultural, 20(2)”, pues el autor hace referencia a que en esencia, “se puede decir que el bahareque consiste en la realización de una estructura de pies derechos de madera que se empotran a la cimentación o al suelo natural, a la cual se le fijan travesaños del mismo material, pero de menor sección con separaciones de entre 80 y 120 cm. Posteriormente se incorpora el tejido de varas, cañas, carrizos u otro tipo de bambúseas que, según su diámetro, se pueden entramar enteras o seccionadas en toda su longitud. Esta estructura es revestida por ambas caras con lodo

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

adicionado con fibras vegetales en dos o tres capas sucesivas de espesor decreciente. En algunos casos las superficies embarradas son cubiertas con una mezcla aguada del mismo barro, a veces enriquecido con hidróxido de calcio, que finalmente se pinta también con cal para su mejor aspecto y protección”.

Hoy en día haciendo su uso en las zonas rurales de diferentes partes del continente esta suele dar un gran funcionamiento, por los grandes factores termo – acústicos que suele brindar, como su fácil uso en diferentes zonas como en las costas y regiones tropicales, especialmente en zonas sísmicas, debido a que, como ya se comentó, la flexibilidad de su conjunto presenta un comportamiento muy adecuado ante empujes y movimientos no axiales.

Se utiliza este artículo, pues es muy relevante, ya que el autor muestra históricamente como se ha venido construyendo y cómo ha evolucionado. En este caso habla con mucho criterio sus factores esenciales dentro de la construcción. También da un paso a paso de cómo viene compuesto el sistema constructivo para así tener un mejor comportamiento del mismo.

Ya teniendo claro el enfoque del contenido, se relaciona el tema propuesto a las anteriores investigaciones, con esto, llevar a cabo el proyecto pero no sin antes investigar sobre temas relacionados, fue entonces donde se encuentra “Trabajo de grado sobre paneles de bahareque prefabricado y aplicación a una vivienda. Nina Pani Vacacela Albuja de la facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Estatal de Cuenca”, y en este caso se evidencia que es un proyecto donde se plantea utilizar un tipo de panel el cual varía entre las medidas y con un relleno diferente al resto, el cual funcionaria como aislante. Se hacen diferentes pruebas ante los materiales y luego se usa para la vivienda. Dando así un estudio de su comportamiento hacia la

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

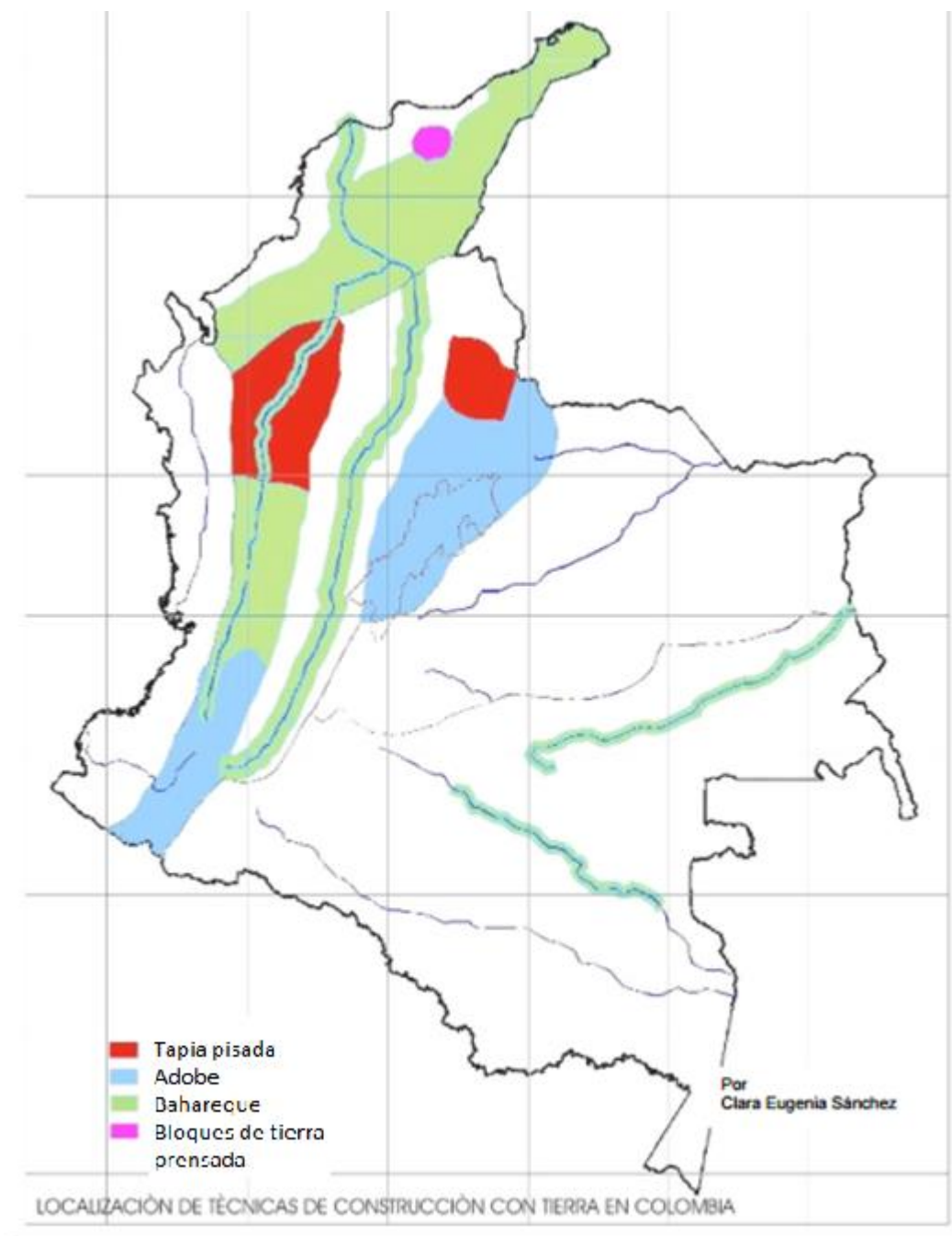
sostenibilidad ambiental ya que compara costos de construcción de esta propuesta hacia otros sistemas constructivos de Perú.

Realizando la lectura de esta investigación, aunque no está aplicada y realizada en la vida real, se hicieron diferentes prototipos y ensayos a los rellenos, esto para tener una aprobación. De este modo hace contraste con los temas que se necesitan para la investigación.

También se hacía necesario saber en qué lugares de Colombia se encuentra construido con la técnica, de este modo se encuentra un mapa especificando los sectores y el tipo de técnicas de construcción en tierra. Este fue:

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Mapa de localización de construcciones en tierra en Colombia



Fuente: Clara Eugenia Sánchez Gama, 2005

[Imagen N°1 mapa de Colombia](#)

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Ya habiendo resuelto dudas sobre los diferentes temas expuestos se inicia un sondeo sobre palabras o conceptos claves que se plantean en el proyecto, para con esto tener referencias claras sobre qué es lo que se va a presentar. En este caso se indagan diferentes autores con sus diferentes opiniones y se plantea de qué manera se ve reflejado en el proyecto. Estas fueron:

Construcciones en tierra

“La tierra es un material inocuo. No contiene ninguna sustancia tóxica, siempre que provenga de un suelo que no haya padecido contaminación. La construcción con tierra cruda es sencilla y con poco gasto energético. No requiere un gran transporte de materiales o una cocción a alta temperatura. Es por ello que se considera un material de muy baja energía incorporada. Sin embargo, quizá sí es necesario un mayor esfuerzo e implicación de los constructores”. (Terra, 2005)

Industrialización

Según la RIBA se entiende “como una organización que aplica los mejores métodos y tecnologías al proceso integral de la demanda, diseño, fabricación y construcción”, constituyendo un estado de desarrollo de la producción que lleva consigo una mentalidad nueva, diferente.

La definición “tecnológica”, que tiene más ventajas y es más adecuada a la construcción es la expresada de forma algebraica (según la famosa ecuación de Blachère).

$$\text{Industrialización} = \text{mecanización} + \text{racionalización} + \text{automatización}$$

La trilogía citada es una expresión clara del conjunto de medios fundamentales a los que hay que recurrir para la industrialización. Se entenderá que la mecanización es la mayor posible, la racionalización es de todo el proceso (proyecto, gestión y tecnologías) y la automatización está

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

presente al máximo en todas las tareas, todo ello con el fin de hacer un mayor número de edificios, más baratos y de mayor calidad. Una obra de construcción no tiene un mayor o menor grado de industrialización por la perfección de fabricación de todos o parte de los elementos constructivos que la componen, sino que ese grado lo fija la totalidad del hecho constructivo. La industrialización no implica el uso de materiales nuevos, sino es la forma de emplear los materiales lo que puede dar a los elementos resultantes el carácter de industrializados”. (Vargas, B. 2007).

“Una organización del proceso productivo que, de forma racional y automatizada, implica la aplicación de tecnologías avanzadas al proceso integral de diseño, producción, fabricación y gestión, bajo la perspectiva de una lógica”. (Del Águila García 2008)

“En su más amplia acepción, es el resultado de la elaboración previa, organizada, cíclica y en serie de elementos, para que con un montaje ordenado y continuo se obtengan estructuras completas, buscando satisfacer las normas de calidad, rapidez, economía, resistencia, aspecto, habitabilidad, funcionalidad, confort y duración”. (Marquina, 2013)

Al hablar de industrialización hacemos referencia en proponer un método para que la fabricación de los marcos del panel sea mucho más ágil y con esto poder llevar a cabo un proceso de producción factible. No será necesario tener una industria con maquinaria para el ensamblaje como muchos piensan por lo que es industrialización; esto se piensa más que nada es para que la construcción del marco tome un sentido actual, y su instalación de forma auto constructiva se desempeñe de una manera eficiente en montaje y acabado.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Prefabricado:

“La palabra prefabricación, etimológicamente significa fabricar antes y con este criterio la Asociación Italiana de la Prefabricación la define como “la fabricación industrial fuera de la obra de partes de la construcción aptas para ser utilizadas mediante distintas acciones de montaje”. Se considera prefabricado a un elemento o a un sistema, que pudiendo ser realizado en obra, lo es en fábrica. Si no podemos efectuar dicha elección tendremos un elemento hecho “in situ”, o bien un “producto industrial”. (Vargas, B. 2007).

“Prefabricación es, el sistema constructivo basado en el diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en serie en una fábrica fuera de su ubicación final y que en su posición definitiva, tras una fase de montaje simple, precisa y no laboriosa, conforman el todo o una parte de un edificio o construcción”. (Marquina, 2013)

En este caso el proceso de la prefabricación será fuera del sitio ya que el panel está pensado en llevarse hecho a la construcción con el fin de que sea eficiente su montaje para posteriormente tener un acabado con el vaciado de la mezcla de tierra que se hace in situ. Esto con el resultado de poder llevar a cabo un montaje en serie.

Construcción vernácula

La arquitectura vernácula es un sistema social y cultural complejo, que nace de la relación hombre-entorno, y que refleja de una forma directa, las maneras de habitar.

Existe un modo de construir cuyo génesis es el momento en que el hombre crea su hábitat, no responde a estilos, no representa épocas, no necesita de arquitectos, son quienes las habitan los encargados de modelarlas, ha estado allí, testigo de la cultura de los hombres: la arquitectura vernácula. La arquitectura autóctona (que ha nacido o se ha originado en el mismo

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

lugar donde se encuentra), popular (perteneciente o relativo al pueblo), tradicional (que sigue las ideas, normas o costumbres del pasado), son algunos de los conceptos más utilizados para referirnos a esta arquitectura. (Tillería González, J. 2010).

Su estrecha relación con los temas de localidad, la hacen, de un importante valor patrimonial tanto histórico como compositivo. Una arquitectura sin arquitectos que nos enseña sensibles maneras de comprender y habitar nuestro medio. (Tillería González, J. 2010).

Siendo de este modo una arquitectura sin arquitectos, desde que se contempló la necesidad de habitar, nació una cultura, que sin saber, representa factores importantes en la construcción, gracias a su naturaleza, lleva a cabo beneficios en sus habitantes y ecosistema. De este modo en la cultura actual se está tratando de volver a este tipo de construcciones gracias a su buen comportamiento termo-acústico, bien elaboradas son sismo resistentes, ayudan en gran parte a no afectar tanto el medio ambiente, sus materiales son autóctonos y más que nada es una cultura local del país. (Tillería González, J. 2010).

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; se rescatan los modelos autónomos, donde los usuarios se han encargado de edificar sus propios asentamientos, se habla entonces de autoconstrucción; un fenómeno constante en el desarrollo de Colombia; con la particularidad principal de no requerir operadores privados, ya que los miembros de la familia constituyen la mano de obra y cuyo producto final, va más allá de una vivienda, se trata en fin de fortalecer el tejido comunitario” (Wilches, 2012).

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

No hay que olvidar que bajo este sistema se ha construido gran parte de la historia. Wilches, G. (2 de Julio de 2012). Vivienda: autoconstrucción, sujetos sociales y transformación de su realidad. Razón Pública. (Pinzón Cárdenas, J. G., Rodríguez Rodríguez, J. S. 2016).

Siendo de esta manera se enfoca el proyecto a la autoconstrucción ya que se pretende hacer una transferencia tecnológica mediante el panel prefabricado en la cual los habitantes puedan realizar esta labor como siempre la han hecho pero con la diferencia que esta vez va a haber más conocimiento sobre el tema; dando de este modo una opción de generar buen trabajo con el fin de mantener las raíces y costumbres de como se viene trabajando de generación en generación. También se le debe dar un reconocimiento al tema, pues, gran parte de nuestra cultura está contemplada en este tema.

No obstante teniendo claro los conceptos claves, se debe estar al corriente en las normativas o manuales, ya que en estos se fundamentan los procesos debidos. Estos procesos surgen en:

Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado.

Describe el proceso constructivo de una vivienda de dos pisos, describiendo cada paso como: la cubierta, el entrepiso, la cimentación, muros, columnas, etc. Teniendo en cuenta los principios de la sismo resistencia y cada detalle para su construcción. Muestra las uniones con imágenes las cuales definen y especifican la forma en la cual deberá estar construídas cada sección de la vivienda.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

NSR 10 – Título E.

Capitulo E.7.1.1 – “El presente capitulo contiene los requisitos mínimos necesarios para otorgar a las casas de bahareque encementado, con uno y dos pisos, un grado de sismo resistencia tal que minimice la posibilidad de que las construcción colapse durante eventos sísmicos fuertes de baja probabilidad de ocurrencia, que sufra daños estructurales mínimos durante eventos sísmicos moderados y que no sufra daños estructurales durante eventos sísmicos leves de alta probabilidad de ocurrencia”(p 29).

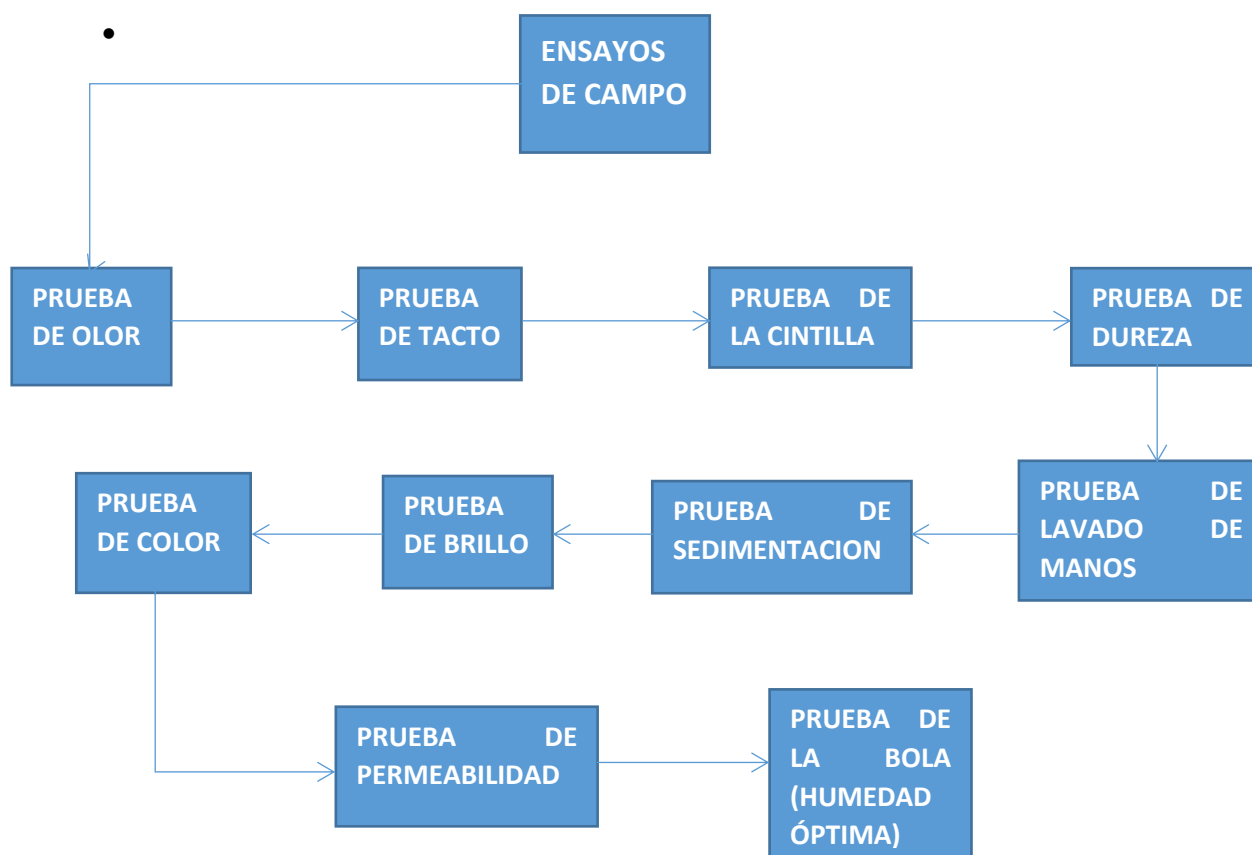
Normalización de la tierra – Norma UNE 41410

Esta norma esta creada con el fin de analizar la construcción en tierra, cada factor de los bloques en tierra y como está compuesto, los requerimientos que deben cumplir y ensayos que se deben practicarle los bloques de tierra para su uso.

Pruebas:

Se realizaran pruebas de campo para verificar la factibilidad de las mezclas de tierra. Estas son:

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural



- Pruebas con sonómetro. Aislamiento acústico (disminución de decibeles).
- Medición de la absorción acústica de muestras de tierra para bahareque.

Se decide desarrollar este tipo de pruebas para la sustentación del porque la construcción con tierra ofrece mejores beneficios respecto a otros sistemas constructivos que evidentemente están acabando poco a poco con sus GEI debido a la contaminación que producen desde su fabricación, hasta su instalación.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

13. Desarrollo del proyecto

Respecto al tema del proyecto, teniendo en cuenta que a partir de lo anterior expuesto en la presente monografía, se inicia la idea de volverlo un hecho.

El proyecto se concibe realizar en el aula, ya que en el curso de construcciones vernáculas se presentan diferentes tipos de sistemas constructivos referentes al tema. En las investigaciones previas del curso se evidencia en el bahareque diferentes patologías. De este modo hay un interés relevante, el cual permite indagar más sobre el tema. Fue entonces donde surge la idea de generar un tipo de panel, el cual se ofreciera como muro de cerramiento para la conformación de bahareque; a medida que se iba desarrollando se encuentra que el proyecto es bastante ambicioso, cada vez que se analizaba se encontraban más funciones a las que debía responder el panel; en este caso, como los vanos para ventanas y puertas, las instalaciones en general y aunque no fuera para un muro estructural, debe cumplir con una rigidez la cual permita que no se caiga. Del mismo modo, en cuestiones acústicas debe responder apropiadamente, ya que se está planteando para cerramientos en vivienda.

Ya se sabía que tipos de falencias tenía el bahareque en su conformación como sistema, y también a que debía responder un panel si se hallaba la solución en él, en ese período se opta por recurrir al aprendizaje de los otros cursos de la carrera, en donde se utiliza Auto-CAD, para la realización de planimetría y diseños del mismo, construcciones industrializadas, para saber de qué modo hacer un proceso industrializado y llevarlo a cabo, epistemología, para concretar la idea y poder plasmarla a modo de empleo de protocolo y por ultimo a proyecto de grado, que en este caso ha sido la que ha pulido todas las falencias e incoherencias, y de este modo poder presentar lo actual.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Como primera instancia se presenta el proyecto con sus etapas y modo de empleo del mismo. Para la verificación del objetivo N° 1 se recurre a la examinación de referentes que empleen el tema de patologías en el bahareque. De este modo recurrimos a:

- “Guía para el diseño y la reparación de viviendas en bahareque de uno y dos pisos. (Ing. Rafael Alberti Santamaría, 2016)”
- “Arq. Mogollón Jaime 2015 en (Dos guaduas, dos culturas, dos bahareques)”

Los cuales están en el marco referencial con sus estudios y opiniones.

Como segunda instancia se presenta el objetivo N°2, se recurre a estudiar diferentes dosificaciones de mezclas en tierra que presentan normalmente el bahareque. Se encuentra esta tabla:

Investigador	País	Estabilizante	Mezcla
Díaz <i>et al.</i> 1986	España	Cemento	85% de tierra y 15% de cemento ó 90% de tierra y 10% de cemento
		Cemento	Empañetado para muros estabilizados con cemento: 91% de tierra y 9% de cemento
Craterre <i>et al.</i> , 1990	Francia	Cal	Empañetado para muros estabilizados con cal o cemento: 91 - 83% de tierra y 9 a 17% de cal
		Cemento y cal	Empañetado para muros estabilizados con cal o cemento: 89 a 80% de tierra, 9 a 16% de cal y 2 o 4% de cemento
Navarro, 1995	Cuba	Cemento	90 a 95% tierra y 5 a 10% cemento
		Cal	86 a 97% tierra y 3 a 14% cal
Minke, 2005	Alemania	Cemento	+ del 5%
		Cal	+ del 5%

Tabla N°1 dosificaciones fuente: [Henneberg de León \(2012\)](#).

“En los últimos años las construcciones de tierra han originado gran interés a nivel mundial por emplear materiales naturales y ser consideradas construcciones sostenibles, pero estas construcciones que utilizan la tierra como material constructivo no poseen el mismo rigor

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

normativo que el empleado en otros materiales y procesos constructivos”. (Henneberg-De León, A. M., & Briceño, D. 2016 146)

En este caso el autor utiliza diferentes mezclas utilizadas en distintos países, con esto llevar a cabo una mejor investigación de dichas mezclas. De esta manera se opta por la realización de pruebas en la mezcla de tierra.

Realización de pruebas.

En la realización de pruebas a las mezclas, en primera instancia se verifica el material con lo cual se realizan unos ensayos de campo que determinan la factibilidad de este para seguir con el proceso de creación. A continuación el proceso:

Al verificar el material mediante la prueba de sedimentación en agua arroja un resultado de suelo arcilloso, esta fue:

Prueba botella



[Imagen N°2 sedimentación fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

A medida que va pasando el tiempo se observa cómo va funcionando el proceso de sedimentación en la tierra, ofreciendo una visibilidad clara del material con el cual se estará trabajando.

Se procede a realizar 4 dosificaciones diferentes y someterlas a los ensayos, estas fueron:

	TIERRA	CAL	CEMENTO
MEZCLA 1	85%	0%	15%
MEZCLA 2	80%	15%	5%
MEZCLA 3	85%	15%	0%
MEZCLA 4	80%	10%	10%

[Tabla N°2 dosificaciones fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Las mezclas 1,2 y 3 fueron escogidas de la tabla de Henneberg -de león y la mezcla N°4 fue tomada a decisión de los estudiantes, observando los comportamientos de las mezclas.

En el proceso y verificación de las mezclas, la mezcla N°1 y N°4 cumplieron con los requisitos establecidos de efectuación de los ensayos. Estos resultados fueron:

Mezcla N°1



[Imagen N°3 mezcla 1 fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Esta mezcla se demoró en secar para poder manejarse, aunque su estado al principio era bastante plástico, en el proceso de fraguado se dejó manipular muy bien para seguir con la efectucción de las pruebas.

Prueba cigarro

1. Se hizo la prueba correspondiente, después de 1 hora, la mezcla se dejaba manejar, pero aun así no cumplía con las condiciones estipuladas, según referencia (guía de construcción para sísmica) que se debe quebrar entre 10cm y 15 cm.



[Imagen N°4 prueba de cigarro fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Prueba disco

1. Su proceso de fraguado fue más largo que los demás.



[Imagen N°5 mezcla prueba de disco fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Fue un poco dura de quebrar al momento de aplicarle presión con los dedos lo que significa que el proceso de fraguado fue el correcto.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural



[Imagen N°6 prueba de disco fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Prueba esfera



[Imagen N°7 mezcla y prueba de esfera fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

En esta la esfera se rompe de manera uniforme sin desmoronarse, lo que es bueno ya que en el proceso no tendrá inconvenientes con el material.

En general a la muestra le fue bien, es un poco demorada para el secado, pero los comportamientos que se desarrollaron a lo largo de los ensayos, fueron satisfactorios, por este motivo se escoge como muestra.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Mezcla N°4



[Imagen N°8 mezcla 4 fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Esta mezcla muestra un comportamiento plástico pero no tan húmedo, con lo cual el trabajo debió ser más rápido, ya que su fraguado era constante, más que la mezcla anterior.

Prueba cigarro

Se quebró a los 11 cm y como restante quedaron 9cm según la referencia de construcción para sísmica.



[Imagen N°9 mezcla y prueba de cigarro fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Prueba disco



[Imagen N°10 mezcla y prueba de disco fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

El disco número 4 fue el que más resistencia, ya que fue el más difícil de quebrar, la prueba sugiere utilizar para quebrar los discos una mano y los dedos, pero esta prueba se hizo uso de las dos manos para poder quebrarla.

Prueba de esfera:



[Imagen N°11 mezcla de esfera fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

La esfera número 4 no se ha quebrado uniformemente, aunque estaba más consistente que la prueba anterior se logra quebrar; no se desmorona, lo que es bueno ya que su proceso no tendrá inconvenientes con el material.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural



[Imagen N°12 prueba de esfera fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

En general se dieron casi los mismos resultados de la muestra anterior, por lo tanto también se escoge como mezcla ya que respondió acertadamente a los esfuerzos que se le ejercieron en los ensayos.

Respecto a las demás mezclas que se plantearon para la realización de los ensayos, no cumplieron con los requisitos que se establecen. Presentaron patologías como agrietamientos, mucha plasticidad y desmorone en su fraguado.

Como tercera instancia se presenta el objetivo N°3, se recurre a estudiar algunos procedimientos para conformación de muros, con esto realizar los diseños de los marcos para la conformación del sistema de paneles y la elaboración de un prototipo a escala real.

Dentro de los estudios, se encuentra el capítulo E7 de la norma sismo resistente NSR-10 Composición de muros:

1) Los muros de bahareque encementado deben componerse de un entramado de guaduas o de guaduas y madera, constituido por elementos horizontales llamados soleras (la solera

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

superior también se llama carrera), elementos verticales llamados pie-derechos y recubrimiento de mortero de cemento. Las guaduas no deben tener un diámetro inferior a 80 mm.

2) El recubrimiento de mortero debe aplicarse sobre una malla de alambre delgado (diámetro no superior a 1,25 mm), que a su vez se clava sobre esterilla de guadua, de acuerdo con lo especificado en E.7.4.5.

3) Las soleras tendrán un ancho mínimo igual al diámetro de las guaduas usadas como pie-derechos. Es preferible construir las soleras, inferior y superior de cada muro en madera aserrada, ya que sus uniones permiten mayor rigidez y son menos susceptibles al aplastamiento que los elementos de guadua.

4) Los muros de bahareque encementado podrán tener recubrimiento por ambos lados. Si no es posible, la longitud efectiva del muro con recubrimiento por un solo lado debe considerarse como la mitad de su longitud total real.

Los diseños del sistema de paneles se encuentran anexos a la presente monografía, estos cuentan con los materiales utilizados, detalles constructivos, vistas isométricas, cortes, procedimiento constructivo, alzados Y sistema en conjunto conformando una vivienda (RENDER).

En la elaboración del prototipo de muestra a escala real se debió realizar el panel en dos partes, ya que no se cuenta con el transporte adecuado para su transportación, pero de este modo lo utilizamos para mostrar la unión entre paneles. Este fue el resultado:

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural



Marco perimetral el cual tiene un interior donde se ancla la esterilla de guadua.

[Imagen N°13 marco en madera fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)



[Imagen N°14 marcos prototipo fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

El marco ya armado por una parte sin la esterilla de guadua y con la esterilla de guadua.

Tamaño real del panel



[Imagen N°15 tamaño real prototipo fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Como cuarta instancia se presenta el objetivo N°4, se opta por un tipo de anclajes que sean funcionales con respecto a la conformación del panel, estos elementos aunque son secundarios, tienen una gran relevancia, convirtiéndose en primordiales para que se pueda conformar el panel.

Se designa utilizar el acero corrugado de ½ " de diámetro para el anclaje del panel a la cimentación, esto con el fin de arriostrar, disminuyendo el impacto a las fuerzas laterales. También se ancla a la viga de coronación y columnas que conformen la estructura de la vivienda.

Para la unión entre panel se utiliza tornillo de 3/8 " con tuerca, dando de este modo un empleo fácil, rápido y seguro. Bastante práctico para una instalación en serie.

Logrando así completar los objetivos, obtenemos la solución al panel, no obstante la conformación de muros de cerramiento no solo compete en la estructura, este también tiene que cumplir con temas relacionados al confort. En este caso hacemos referencia al confort acústico. De este modo se procede a hacer una serie de pruebas que sustenten que la construcción en tierra es favorable y competitiva frente a otros sistemas constructivos. Estas pruebas fueron:

Prueba con sonómetro. "Aislamiento acústico (disminución de decibeles)"

En esta prueba lo que se busca es comparar el sistema de panel para bahareque con la mezcla, con otro sistema constructivo que se utilice en la actualidad, en este caso con fibrocemento con fresca en su interior. Se requiere del sonómetro para la realización de la prueba, pues el aislamiento se da por medio de la disminución de decibeles.

Se requiere de un sonómetro el cual mida el ruido.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural



[Imagen N°16 sonómetro fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Se procede a realizar un hueco en la tierra el cual tiene unas dimensiones de 0,61*0,61 metros por una profundidad de 0,60 metros y 0,30 más profundo para insertar el sonido rosa en un bafle inalámbrico.



[Imagen N°17 hueco de prueba fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Ya teniendo el hueco, se procede a realizar los prototipos de prueba con dimensiones de 0,61*0,61 metros con un ancho de 0,10 metros. Contienen doble pared conformando un

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

sándwich; el prototipo de prueba con fibrocemento contiene el aislante acústico lana de vidrio (frescasa) utilizado en la construcción de muros para vivienda.



[Imagen N°18 prototipos de prueba fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Ya habiendo realizado los prototipos, se introducen en el hueco con el bafle en lo profundo para poder empezar a realizar la prueba obteniendo los resultados en el sonómetro con el sonido rosa.

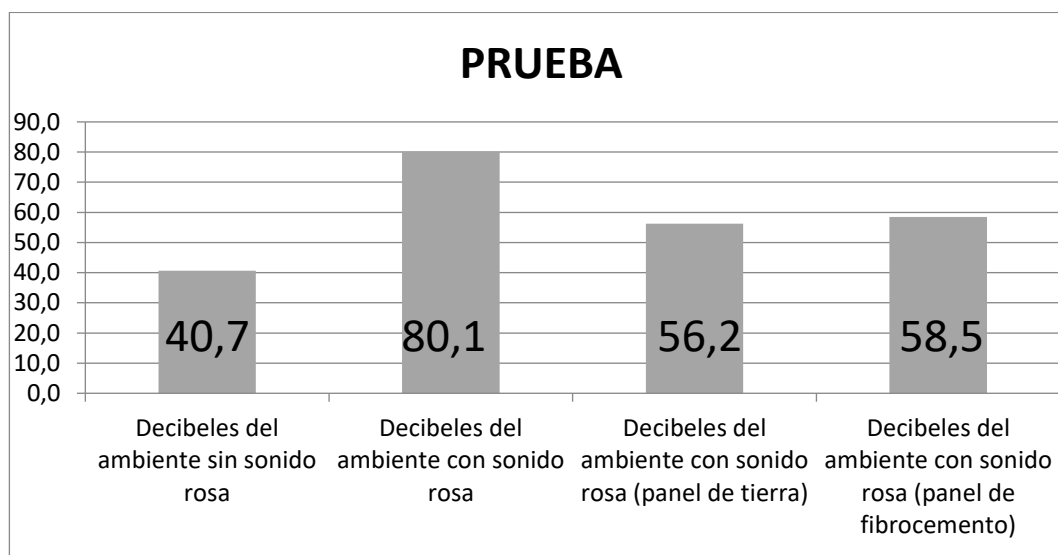


[Imagen N°19 prototipos en el hueco de prueba fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Tapando los huecos restantes que quedan en los bordes de las muestras y la tierra con arena, se procede a realizar la prueba con el sonómetro y el sonido rosa.

Esta prueba fue realizada de la siguiente manera y los resultados son los siguientes:



[Tabla N°3 resultados de prueba fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño](#)

En la comparación se evidencia el aislamiento acústico de los métodos constructivos frente a la prueba. Las dos muestras se comportaron muy bien frente al ensayo, pero se evidencia en las mediciones que el panel en tierra obtiene mejor resultado.

En cuestión al aislamiento acústico, el panel en tierra es competitivo frente a este método constructivo en seco, pues aunque es por poco, tiene mejor comportamiento sin necesidad de algún otro tipo de aislante acústico.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Medición de la absorción acústica de muestras de tierra para bahareque

Desarrollo de mediciones de coeficientes de absorción al sonido a muestras de tierra cruda para bahareque. Realizadas en el Laboratorio de Acústica de la Universidad San Buenaventura de Medellín (noviembre de 2017), mediante una prueba de tubo de impedancia “Tubo de Kundt”.

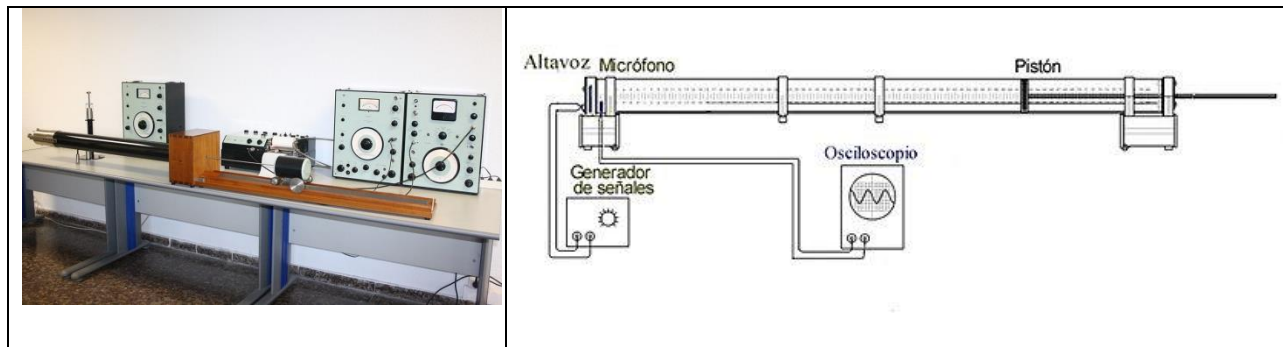


Figura 20. Imágenes del tubo de impedancia. Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Tubo_de_Kundt

Se realizaron pruebas de medición a cuatro muestras de tierra con diferente diseño de mezcla:

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

- **Prueba 1.**

Mezcla: 10% de cemento, 10% de cal, 80% de tierra y agua.

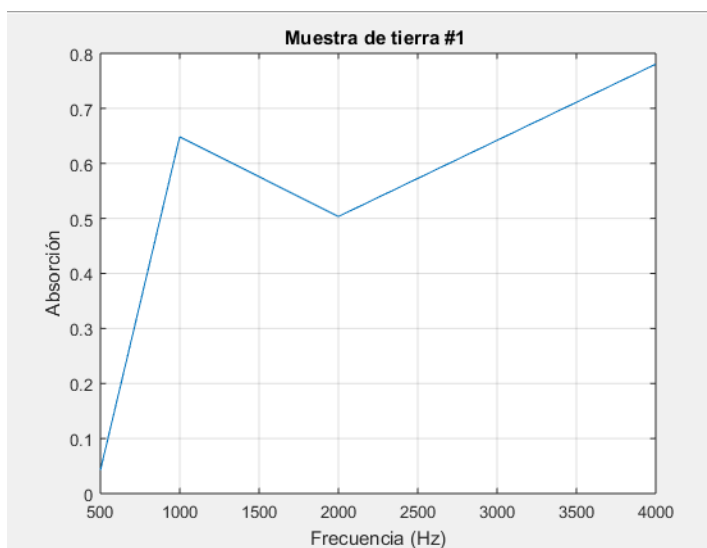


Figura 21. Foto de la muestra de tierra 1 y su gráfica de absorción. Fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño – Andrea Niampira

- **Prueba 2.**

Mezcla: 10% de cemento, 10% de cal, 80% de tierra, paja y agua.

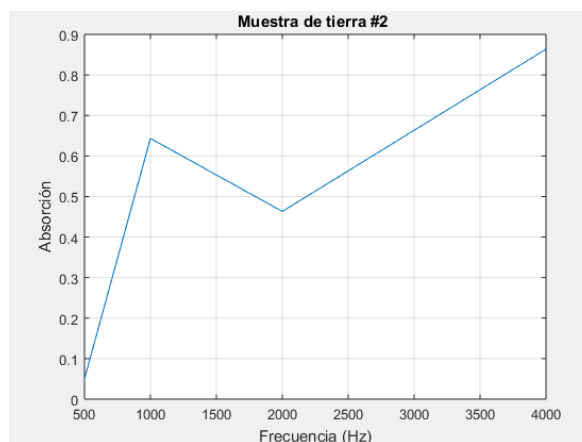


Figura 22. Foto de la muestra de tierra 2 y su gráfica de absorción. Fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño – Andrea Niampira

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

- **Prueba 3**

Mezcla: 15% de cemento, 85% de tierra y agua.

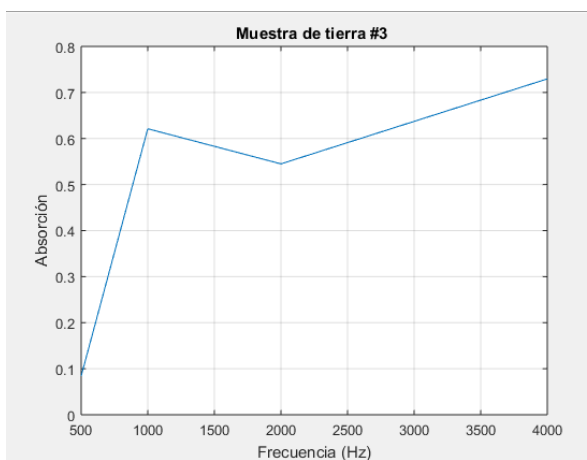


Figura 23. Foto de la muestra de tierra 3 y su gráfica de absorción. Fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño – Andrea Niampira

- **Prueba 4**

Mezcla: 15% de cemento, 85% de tierra, paja y agua.

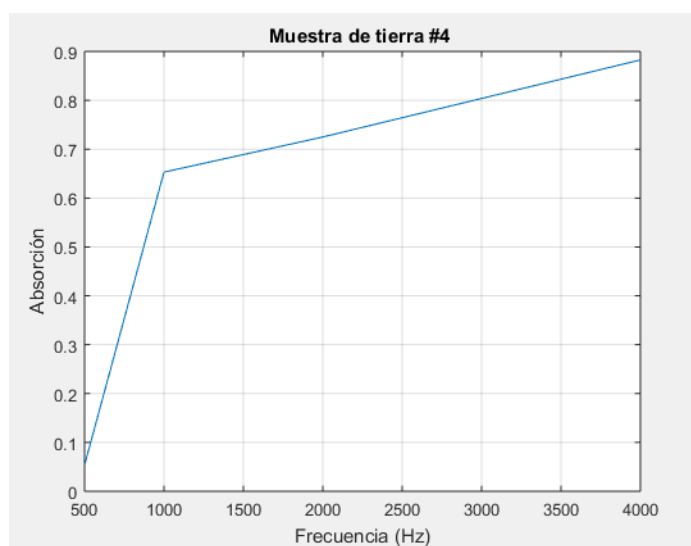


Figura 24. Foto de la muestra de tierra 4 y su gráfica de absorción. Fuente: Diego Ramírez – Steven Londoño – Andrea Niampira

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla N°4. Muestra de tierra número 1. Fuente: Andrea Niampira

Frecuencia (Hz)	Referencia	Mínimo 1		Máximo 1		Mínimo 2	
	SPL (dB)	SPL (dB)	X (cm)	SPL (dB)	X (cm)	SPL (dB)	X (cm)
250	91.6	81.4	29.9	91.5	65.1	86.2	95.8
500	102.8	65.2	17	102.5	33.2	66.7	51.2
1000	76.7	64.2	9.4	75.9	16.4	63.8	25.3
2000	77.1	60.2	3.9	75.4	8.4	58.5	12.7
4000	91.2	81.7	2.9	90.5	12.1	82.3	14.4

Tabla N°5. Muestra de tierra número 2. Fuente: Andrea Niampira

Frecuencia (Hz)	Referencia	Mínimo 1		Máximo 1		Mínimo 2	
	SPL (dB)	SPL (dB)	X (cm)	SPL (dB)	X (cm)	SPL (dB)	X (cm)
250	91.1	85.9	23.3	94.3	53.4	88.4	92.6
500	104.6	69.2	17.5	105.2	33.2	67.7	51.6
1000	76.9	63.8	9.9	75.6	16.6	63.6	25.1
2000	75.1	59	4.3	75.2	9.4	61.5	13.5
4000	91.2	80.9	3.6	87.6	5.6	80	9.1

Tabla N°6 Muestra de tierra número 3. Fuente: Andrea Niampira

Frecuencia (Hz)	Referencia	Mínimo 1		Máximo 1		Mínimo 2	
	SPL (dB)	SPL (dB)	X (cm)	SPL (dB)	X (cm)	SPL (dB)	X (cm)
250	93	83.3	25.5	94.3	61.6	88	91.2
500	102.5	70.8	17.4	102.9	29.4	77.3	52.1
1000	77.1	63.5	9.4	75.8	17.8	64.9	25.1
2000	78.1	60.5	4.6	74.7	8.5	59.5	12.9
4000	94.9	80	2.3	90	4	71.9	6.3

Tabla N°7 Muestra de tierra número 4. Fuente: Andrea Niampira

Frecuencia (Hz)	Referencia	Mínimo 1		Máximo 1		Mínimo 2	
	SPL (dB)	SPL (dB)	X (cm)	SPL (dB)	X (cm)	SPL (dB)	X (cm)
250	92.2	84.9	23.1	94.5	60.2	88.7	103.2
500	102.8	66.9	17	102.5	32	67.5	51.2
1000	75.9	63.4	9.1	75	17.3	64.4	26
2000	77.4	64.5	5	74.6	8.4	62.5	13.2
4000	92.5	81.6	2.5	87.8	7.5	86.5	8.6

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Tabla N°8. Valores de ruido de fondo por tercios de octava. Fuente: Andrea Niampira

Frecuencia (Hz)	Frecuencia (Hz)
20	49.6
25	43.5
31.5	30.3
40	27.2
50	29.8
63	35.8
80	14.7
100	6.3
125	6.3
160	9.9
200	6.3
250	9.3
315	6.3
400	4.5
500	0
630	4.5
800	4.5
1000	4.5
1250	6.3
1600	6.3
2000	7.5
2500	8.5
3150	9.3
4000	9.9
5000	10.5
6300	10.5
8000	11
10000	11

A continuación se muestran los valores obtenidos en coeficientes de absorción al sonido de las diferentes mezclas evaluadas.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Tabla N°9. Coeficientes de absorción para cada banda analizada en cada material medido. Fuente: Andrea Niampira

Material	Absorción			
	Frecuencia (Hz)			
500	1000	2000	4000	
Tierra 1	0.0424	0.6483	0.5035	0.7803
Tierra 2	0.0505	0.6434	0.4631	0.8636
Tierra 3	0.0841	0.6212	0.5449	0.7295
Tierra 4	0.0536	0.6531	0.725	0.8827

En general todas las muestras presentan alta eficiencia de absorción al sonido. Se observa que los mejores resultados se obtuvieron principalmente en la mezcla número 3 que tiene un mayor contenido de tierra (85% y no tiene fibra vegetal).

Por otro lado las mezclas 2 y 4 que tienen contenido de fibra vegetal en la mezcla, presentan valores admisibles de coeficientes de absorción, mientras que la número 1 que tiene cemento y cal más un contenido de tierra del 80%, fue la que presentó un menor rendimiento.

Este documento de la prueba “MEDICIÓN DE LA ABSORCIÓN ACÚSTICA DE MUESTRAS DE TIERRA PARA BAHAREQUE” es tomado de la Arquitecta y docente Andrea Niampira Daza.

Agradecimientos

Especial agradecimiento a los estudiantes del programa PTCA – UGC Johan Steven Londoño y Diego Ramírez Rey, quienes desarrollaron las mezclas y elaboraron las muestras para medición, a la estudiante Yesika Álvarez quien viajó a la Universidad San Buenaventura USB de Medellín para realizar las pruebas de medición y al equipo de colaboración del Laboratorio de

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Acústica de la USB-Medellín y al ingeniero Jonathan Ochoa investigador quien hizo posible esta realización.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

14. Conclusiones

El sistema de paneles esta propuesto para nuevas construcciones de vivienda, ya que se tiene que conformar bajo la modulación del arquitecto y su anclaje a la cimentación viene siendo posterior a la construcción de la viga.

El panel para bahareque es funcional ya que se comporta bien como núcleo, de igual manera su costo varía entre \$60.000 m² lo cual lo hace competitivo frente a otros sistemas constructivos utilizados actualmente.

La mezcla de tierra es un material con muy buena ductilidad y flexibilidad, por lo tanto los muros que conformen los cerramientos deben estar bien anclados tanto a la cimentación, como a la estructura y entre ellos para evitar movimiento y con esto caídas o grietas de la mezcla de tierra.

La dosificación de las mezclas de tierra que tenían granulometría más grande como piedras, no se compactan bien entre sí, lo que ocasiona agrietamientos en el proceso de fraguado lo cual produce desplomes de la mezcla.

Se observa que en las pruebas de absorción acústica, las mezclas que contenían paja como aditivo no muestran gran relevancia acústica en comparación con las mezclas originales de cal, cemento y tierra. Sin embargo la respuesta de las mezclas fue muy positiva.

Se evidencia en la prueba con el sonómetro, que el panel de tierra tiene un mejor comportamiento en la disminución de decibeles comparado con el panel de fibrocemento con frescas en su interior.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

Los accesorios de unión entre paneles se comportan muy bien, tanto en el tamaño del diámetro para dar rigidez, como en la rosca para asegurar y evitar movimientos, también se evidencio que este tipo de amarre no afecta a la madera en cuanto a agrietamientos, ya que primero se abre el hueco del tornillo con taladro y broca para madera.

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

15.Recomendaciones

Se recomienda investigar sobre otros métodos de anclajes entre panel, pues de esta manera se podría generar un ángulo diferente a 90° y así generar plantas de diferentes formas.

Se recomienda que la tierra sea cernida en un angeo plástico, pues de esta forma la mezcla será más fina y tendrá más consistencia a la hora de realizar el vertido o vaciado en el panel. Con esto evitar agrietamientos.

Se recomienda realizar nuevas pruebas con el sonómetro, pues el panel tiene un hueco interno de 3cm en el cual se podría incorporar algún aislante acústico como la frescasa; de este modo obtener mejores resultados en la disminución de decibeles.

Realizar nuevos estudios en donde se pueda incorporar el panel para alguna remodelación, ya que este presenta anclajes que son necesarios llevar a cabo desde el inicio de la construcción.

16. Referentes bibliográficos

- Daniel Roper Rago / Ana Comas Mora. (18 de enero de 2013). CONSTRUCCION MODULAR DE VIVIENDAS Y ARQUITECTURA. Obtenido de http://eraikal.blog.euskadi.eus/wp-content/uploads/2013/01/Construcci_nModular-y-Arquitectura-2.pdf
- Terra Ecología Practica, (2005). Construir con tierra, Colombia. Terra, obtenido de <http://www.terra.org/categorias/articulos/construir-con-tierra>
- Marquina, E. G. (2013). ESTUDIO-DIAGNÓSTICO SOBRE LAS POSIBILIDADES DE LDESARROLLO DE UNA EDIFICACIÓN RESIDENCIAL INDUSTRIALIZADA DIRIGIDA A SATISFACER LAS. Programa ERAIKAL, 15-72.
- NSR-10. Título E–Casas de uno y dos pisos. Capítulo E7.
- Pinzón Cárdenas, J. G., & Rodríguez Rodríguez, J. S. (2016). Estado del Arte de la Autoconstrucción Sostenible en Colombia.
- Tillería González, J. (2010). La arquitectura sin arquitectos, algunas reflexiones sobre arquitectura vernácula. AUS (Valdivia), Revista AUS 8 _12 - 15_segundo semestre dos mil diez, (8), 12-15.
- DANE. (2005) Boletín censo general 2005 déficit de vivienda.
- Jaime, M. S. Bahareque: cultura sísmica local. Revista de Arquitectura EL CABLE, (1).
- Vargas, B. (2007). Industrialización de la construcción para la vivienda social. Revista Nodo, 2(3).

Sistema de paneles prefabricados para bahareque en muros de cerramiento en vivienda rural

- Moya, S., & Alberti, R. Guía para el diseño y reparación de viviendas en bahareque de uno y dos pisos (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales).
- Henneberg-De León, A. M., & Briceño, D. (2016). Ensayos a mezclas de barro estabilizadas para el relleno y empañetado de paredes de Bahareque. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 17(1), 143-154.
- Albuja, V., & Pani, N. (2015). Paneles de bahareque prefabricado y aplicación a una vivienda (Bachelor's thesis).
- Baca, L. F. G. (2007). Arquitectura en tierra Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes. Revista de estudios sobre patrimonio cultural*, 20(2).
- Carazas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). Bahareque: Guía de construcción para sísmica.
- Sánchez, C. E., & Montoya, J. (2005). Arquitectura de la vivienda vernácula colombiana en adobe y su relación con la norma sismo resistente. *Panel en SismoAdobe*. Lima