

CONSTRUCCIÓN DE UN MURO EN BAHAREQUE REFORZADO CON FIBRAS DE CAÑA BRAVA PARA VIVIENDAS RURALES

CONSTRUCTION OF A WATTLE-AND-DAUB WALL REINFORCED WITH CANE FIBERS FOR RURAL HOUSING

María Paula Guío Leiva
Karen Daniela Ramírez Mosquera

RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo el análisis del comportamiento físico de un muro no estructural, con el fin de otorgar una alternativa a familias campesinas y además. De esto se podrá dar un punto de referencia a estudios relacionados. El elemento no estructural fue construido en una zona rural del municipio de Sesquilé, Cundinamarca. Se reforzó con fibras de caña brava, que es un tipo de caña perteneciente a la familia del bambú y es ampliamente encontrada en Colombia.

Al tener el conocimiento de los materiales que integran la mezcla, se realizaron pruebas de laboratorio únicamente en el caso del suelo; para su posterior identificación y saber si cumple con las propiedades de cohesión y plasticidad para hacer parte de la mezcla. Luego de esto, se procede a realizar prototipos donde se estudia de

manera visual su comportamiento físico, evaluando variables de aparición de fisuras o presencia de desprendimientos, para así poder elegir de manera óptima el diseño que será implementado posteriormente en la construcción del muro.

El tipo de investigación a implementar es cuasi experimental, porque los resultados que se van a tomar del muro y de los diseños de mezcla son netamente extraídos por la observación, en un periodo que comprende las ciento cuarenta y cuatro horas, tiempo en el que no se presentan más cambios en los prototipos. Para el caso del muro se evalúan los mismos parámetros, como lo son la aparición de fisuras durante quince días.

Palabras claves: Bahareque, comportamiento físico, fisuras, desprendimientos, muro no estructural.

ABSTRACT

The Bahareque technique is more affordable in terms of cost and materials to be implemented in rural constructions. The non-structural element is built in a rural area located in Sesquilé, Cundinamarca. It is reinforced with cane brave fibers, which is a type of

cane that belongs to the bamboo family and is widely found in Colombia.

Therefore, laboratory tests are carried out with the needed materials, only in the soil for its subsequent characterization and to know if it complies with the cohesion and plasticity properties to be part of the mixture. After this, prototypes are made where their physical behavior is visually

studied, evaluating variables such as the appearance of cracks or the presence of landslides in order to optimally choose the design that will be implemented to build the wall.

This is quasi-experimental research because the results (taken from the wall and the mixture design) are clearly extracted by observation over a period of one hundred and forty-four hours, a time in which no further changes are made to the prototypes. In the case of the wall, the same parameters are evaluated, such as the appearance of cracks during a fortnight.

Keywords: Bahareque, physical behavior, cracks, detachments, non-structural wall.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

A lo largo de su ciclo de vida, los materiales de construcción continúan incidiendo en el medio ambiente. Desde su fase de extracción y procesado, hasta la demolición de la edificación, la fase de producción o fabricación es la que mayor repercusiones medioambientales tiene, debido a que es en éste donde se emplea un gran consumo de energía para poder alcanzar el producto adecuado. Dentro de los efectos negativos se encuentran las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, el polvo en suspensión, vertimientos de líquidos al agua, entre otros. Por otra parte, en el sector rural, la mayoría de familias no cuentan con el presupuesto suficiente para poder construir su vivienda con materiales convencionales o de uso actual.

En relación con lo anterior, se opta por implementar una construcción sostenible como lo es el bahareque, que se caracteriza por la preferencia en insumos locales y ha demostrado ser un sistema ambientalmente superior en comparación a la mampostería, pues cuenta -según el autor Arenas Cabello- con el 50% del carbono incorporado y la posibilidad de ser construido con materiales de rápido crecimiento, como la guadua y la madera. Es necesario destacar que estos elementos poseen una gran capacidad aislante, proporcionando un ahorro hasta en un 60% en aire acondicionado. Otra ventaja importante por la cual se decidió usar esta técnica, es que estas construcciones suelen realizarse más rápido y pueden llegar a ser hasta un 30% más económicas que las que se hacen de ladrillo o concreto.

Con base en esto se formula la siguiente pregunta de investigación ¿cómo influye

la dosificación en la mezcla, en cuanto al comportamiento físico en la técnica del bahareque con materiales autóctonos de la región?

OBJETIVO GENERAL

Construir un muro en bahareque reforzado con fibras de caña brava y estabilizado con cal o cemento, el cual cumpla con una dosificación idónea -con base en la literatura- respondiendo de manera positiva a variables de estudio correspondientes a comportamiento físico como lo son fisuras y desprendimientos, aportando -de esta manera- información a futuras investigaciones que se tengan relacionadas a la construcción con esta técnica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar el tipo de suelo usado en el diseño de mezcla de prototipos, por medio de algunas pruebas de laboratorio, obedeciendo al tipo de material requerido en la elaboración de bahareque encontrado en la literatura investigada.
2. Determinar el diseño de mezcla que será usado en la elaboración del muro, mediante la realización de prototipos con diferentes dosificaciones, seleccionando la que presente menores fisuras y desprendimiento de material.
3. Construir un muro en bahareque reforzado con fibras de caña brava para viviendas rurales y con materiales locales, teniendo en cuenta la dosificación de la mezcla elegida; con el objeto de un posterior análisis de comportamiento físico de posibles fisuras y desprendimientos.

4. Analizar las fisuras y desprendimientos que pueda presentar el muro construido, utilizando metodología cualitativa que involucre la observación del comportamiento físico. De esta manera se contribuye a posteriores investigaciones que se tengan relacionadas a la implementación de un bahareque similar:

ESTADO DEL ARTE

El Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzo de viviendas en bahareques tradicionales (2002), denomina al bahareque como un conjunto de muros vinculados entre sí por exigencia constructiva, en planta. Sin embargo, es habitual que se vean alineados en los diferentes niveles, por exigencia de las cargas de peso propio y la ocupación de la vivienda. Debido a su bajo peso y la flexibilidad de los muros, pobladores de la ruta cultural del café optaron por esta técnica en la época antigua, frente a la tapia de tierra pisada, sustituyéndola en ocasiones por efectos de sismicidad. Al presente, la técnica ha perdido su auge y, mediante diversos estudios, se desea reincorporarla como un sistema estructural altamente confiable; expresa el autor Muñoz Robledo (2010).

Por ende, para esta investigación se realizó un estado del arte, en el que se hace una revisión bibliográfica de documentos que fueron seleccionados, tomando como parámetro principal que los textos hablaran acerca de la técnica y, más que todo, enfocado a pruebas realizadas en muros, mostrando de manera detallada lo importante del sistema y enfatizando en los aspectos positivos.

En primer lugar, se explica un estudio realizado por los estudiantes Niño Muñoz & Díaz Delgado (2018) de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia, donde se emplean técnicas de microscopía óptica (MO) y microscopía de barradura electrónica (MEB); así como ensayos mecánicos de tracción y compresión, por lo cual fue posible determinar la resistencia de las fibras de caña brava que se implementaran en proyecto. Por otra parte, se pretende considerar la variable del óptimo funcionamiento con otros elementos, adecuándolo a la mezcla y observando su comportamiento físico en cuanto a manejo, para poder emitir la conclusión pertinente. En los cuadros del 2 al 5, se enfatiza en la técnica del bahareque, la cual fue sometida a diversos ensayos y en las que se evaluaron diferentes parámetros.

Esta revisión bibliográfica permitió obtener un panorama más claro de documentos ejecutados a la técnica del bahareque. Se tuvieron en cuenta anteriormente los plasmados, debido a aspectos de importancia como lo es la dosificación, uso de estabilizantes y, adicionalmente, conocimiento acerca de las propiedades que posee una estructura realizada con esta técnica. En el Cuadro 2 se señalaron las características del estudio de “comportamiento de pórticos en Guadua angustifolia, rigidizados mediante paneles prefabricados en bahareque” de los autores Herrera et al., (2009), estudiantes de la Universidad Nacional y en donde, gracias a la evaluación experimental de un sistema de pórtico de guadua con paneles prefabricados de bahareque. Se encuentra que la utilización de guadua proporciona rigidez y menor peso a la estructura de la pared de bahareque, aconsejando la implementación de esta técnica. Por esta

razón, para el presente proyecto se decide realizar un bahareque con materiales de la especie de la guadua, como lo es la caña brava que demostró buen comportamiento en el estudio mencionado anteriormente en el Cuadro 1. Otro proyecto que se revisó fue el realizado por la universidad de Zulia, Venezuela, titulado "Prototipo de pared de bahareque. Aproximación hacia una construcción sostenible" (Henneberg, 2010), en donde se estudiaron varias mezclas de barro con aditivos, lo que dio un parámetro para dosificaciones adecuadas a implementar en el presente proyecto. Las características más relevantes de dicho estudio se encuentran plasmadas en el Cuadro 4. Otro modelo bibliográfico revisado se encuentra en el Cuadro 5 que muestra los aspectos más importantes del artículo titulado "Ensayos a mezclas de barro estabilizadas para el relleno y empañetado de paredes de bahareque" realizado por los autores Henneberg De León & Briceño (2016), para el cual se analizó el comportamiento de mezclas de barro estabilizadas con cemento y cal, en cuanto a los efectos del agua. Este documento aportó información de dosificaciones adecuadas, estabilizantes más usado y los pasos para la construcción con la técnica de bahareque. Gracias a esto se decide emplear estabilizantes a la mezcla e implementar igualmente cal y cemento. La investigación "Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha" de los autores Cuitiño et al., (2015), brindó información de las cualidades que posee el bahareque, en cuanto al comportamiento térmico y estructural, dando una perspectiva alentadora en cuanto a la implementación. Por último, en el ámbito concerniente a la investigación en curso, no se encontraron estudios previos relacionados a la aparición

de fisuras en las construcciones hechas con bahareque, lo que conllevó a realizar una observación de lo que sucede durante el secado de la estructura hecha con este sistema; en cuanto a su comportamiento físico reflejado en la aparición de fisuras y posteriores desmoronamientos que llegasen a presentarse de ser el caso.

ALCANCE Y LIMITACIONES

Los sistemas constructivos usados tradicionalmente en la construcción de viviendas son evaluados por normas, en donde están plasmados los métodos de diseño. Dichos documentos se van actualizando diariamente con el fin mejorar las propiedades estructurales. A pesar de ello, el uso de materiales no convencionales está limitado por no contar con estudios necesarios, ni técnicas de conservación de éstos y, aún más, por la ausencia de normatividad para su utilización en construcciones civiles. Esto se ve reflejado en las comunidades rurales que no hacen uso de los materiales propios de su región para mejoramiento y adecuación de sus viviendas. Por ello, en el presente proyecto se pretende realizar a un muro de bahareque el diseño de mezcla con adición de fibras de caña brava, con el fin de incentivar el uso de materiales autóctonos de la región. Esto se efectuará dependiendo de la caracterización de los materiales y las pruebas a las que sea sometido el prototipo de muro para medir su consistencia. Estará directamente relacionado a los recursos físicos de laboratorio que se tengan y los económicos para la ejecución del proyecto.

METODOLOGÍA PROPUESTA

El bahareque es un sistema constructivo, dado que funciona basado en una

estructura de guadua y madera recubierta con diversos materiales, como lo son la tierra, cemento y láminas de metal.

Para la ejecución del proyecto se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- **RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN (ESTADO DEL ARTE):** Se buscará información acerca del bahareque en libros y documentos web que nos ayuden a conocer mejor esta técnica.
- **CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES:** Se realizarán los laboratorios pertinentes para el reconocimiento de los materiales relacionados con la elaboración del bahareque.
- **REALIZACIÓN DE LA MEZCLA ADECUADA PARA EL PROYECTO:** Realizar varias dosificaciones para así conocer la que tenga mejores propiedades para la elaboración del muro.
- **ELABORACIÓN DE PROTOTIPO DE MURO EN BAHAREQUE:** A partir de la dosificación adecuada, elaborar el muro en bahareque.
- **REALIZACIÓN DEL ESCRITO:** Teniendo en cuenta todo el proceso anterior, se realizará un escrito en el cual se detallen, paso a paso, los respectivos hallazgos y conclusiones, con el fin de contribuir a futuros estudios.

La metodología por implementar es mixta, ya que integra los dos métodos principales de tipo cualitativo y cuantitativo. Para el primero se tiene que los resultados están basados en la observación que se le pretende realizar a los prototipos y al muro no estructural. En este caso se analiza el comportamiento de las mezclas en cuanto a los posibles desprendimientos de material,

generación o aparición de fisuras o grietas, realizando una cuantificación de ellas. Esto con el fin de determinar la que tenga menor cantidad de lesiones (daños) y así poder usarla en el muro. En la identificación del suelo se evidencia la metodología de tipo cuantitativa, para así poder conocer sus propiedades mediante algunos ensayos que arrojan valores de tipo numérico.

Esta investigación es de tipo cuasi experimental, lo que significa, según Hincapié Gutiérrez (2014), que no se tiene completo control sobre todas las variables (temperatura, humedad relativa, clima, etc.) que puedan afectar los resultados. Solo se efectuarán comparaciones entre ocho prototipos de 0,25m. x 0,25m. El tamaño se eligió para tomar una cuarta parte de la distancia que tendría un panel de muro. Este valor se consideró, por criterio propio, que es el indicado para realizar el análisis visual. A cada uno de los prototipos se le aplicaba la mezcla con diferentes porcentajes de dosificación de materiales, tomando como referencia el artículo "Ensayos a mezclas de barro estabilizado para relleno y empañetado de paredes de Bahareque" (Hanneberg, 2016), en donde se dan unas proporciones de estabilizante con el suelo plástico y la arena. Ahora bien, si se desea realizar un estudio de resistencia en el que se deba fallar el muro ante algún tipo de carga, las dimensiones cambian y los valores pueden ser encontrados en normativas como por ejemplo, el título E de la NSR- 10.

RESULTADOS

• IDENTIFICACIÓN DEL SUELO

Para la identificación del suelo se realizaron tres pruebas de laboratorio con el fin de determinar si éste contaba con las

propiedades específicas para su posterior implementación en la técnica del bahareque, como, por ejemplo, que las partículas se encontraran entre los limos o las arcilla y conocer además su plasticidad. Es por este

motivo que se decide realizar la prueba de límites de consistencia (líquido y plástico). Por otra parte, se hace una prueba de humedad en la muestra, para conocer el contenido de agua del mismo.



Figura 1. Laboratorios a la tierra.

Fuente: Propia

- REVISIÓN DE DISEÑOS DE MEZCLAS

Luego de tener todos los prototipos, se pesaron y se dejaron en observación tomando registro cada 24 horas. Al no identificar cambios en cantidad de fisuras de los prototipos, se decide realizar un primer conteo a las 96 horas (tiempo medio). Nuevamente se realiza el conteo a las 120 y a las 144 horas, donde no se evidencian más cambios, por lo que se dio por finalizado el proceso. La revisión constaba de cambios en pesos y en apariencia. Como variables se tenían la aparición de fisuras o presencia de desprendimientos.

En cada una de las observaciones que se realizaron, la fisuración en los prototipos

aparecen en el periodo que comprende de las 24 horas a las 48 horas; las cuales tuvieron una longitud mayor para el caso de las dosificaciones que tenían como estabilizante la cal, variando entre los 2 y 4cm. Para los prototipos estabilizados con cemento, las fisuras tuvieron una longitud de 1 a 2 cm. Solo en la mezcla 3 aparece una de 7 cm. al segundo día, que fue la de longitud mayor en este grupo. El espesor aproximado de todos fue de 1 mm.

Tomando en cuenta el tiempo en el que comienzan a aparecer, el cual es dentro de las primeras 48 horas, se tiene que la posible causa es la expulsión de agua producto del secado de la mezcla; y cambios de

temperatura en el ambiente o de humedad relativa. Ya que estas variables no fueron controladas por motivos de estudio, generó en los prototipos una contracción o retracción que incidió en la aparición de estas lesiones.

Al llegar a la revisión pertinente para las 96 horas, no se distinguen más cambios, por lo cual se decide realizar el conteo de fisuras presentes. Igualmente, a las 120 y 144 horas no se denotan avances, por lo cual se decide culminar la observación.



Figura 2. Fisuración en los prototipos.

Fuente: Propia.

MURO NO ESTRUCTURAL

Como se mencionó a lo largo de la investigación, el muro se ejecutó en una vereda del municipio de Sesquilé, Cundinamarca, en donde se tenía fácil acceso a los materiales y, por consiguiente, se podía hacer uso de ellos. Este fue un factor fundamental, debido a que se quiere incentivar el uso de técnicas no convencionales con materiales naturales y de la región; brindando economía a los interesados en implementarla. El tiempo final de instalación de parales, divisiones, marcos y de entramados, sumado al mezclado y colocación de materiales fue de tres días; abarcando la mayor

cantidad en la parte de estructuración para la adecuación de los entramados. Teniendo estos instalados y todos los materiales necesarios, se llevó a cabo el mezclado en donde se homogenizaron todos los materiales, teniendo en cuenta la dosificación de mezcla 6, que corresponde a los porcentajes de mezcla 70% arena, 17% de suelo plástico, 10% de estabilizante y 3% de fibra. Se elige esta dosificación ya que presentó menor número de fisuras en los prototipos realizados y observados previamente; aportando al estudio el diseño de mezcla con mejor comportamiento físico. La adición de fibras ayudó a proporcionar un buen agarre de la mezcla con el entramado. Además de

esto, según la “Guía de construcción para sísmica” (Carozas, et al. 2002) contribuye a la limitación de la longitud de las fisuras. Al iniciar la colocación de la mezcla en la horcadura, se tuvo inconveniente, porque

la mezcla se caía por la cara posterior a la aplicación. Por esta razón se decide colocar una tabla en ésta y seguir la aplicación manual, facilitando el trabajo y ayudando a la optimización del tiempo.



Figura 3. Construcción muro en Bahareque.

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

- Analizando el comportamiento físico que tuvieron los prototipos con diferentes diseños de mezclas, fue posible implementar la mezcla 6 en la construcción del muro final. Debido a que presentó un 50% menos de fisuras en comparación a la mezcla 4, al ejecutar el muro y realizar el análisis, no se observó desprendimiento de material. Además de una cantidad mínima de fisuras correspondiente a 26 en el panel número 4, apareciendo en las primeras 24 horas y siendo producto del secado. Con esto se contribuye a futuras investigaciones concernientes a esta técnica, en cuanto a la dosificación adecuada que se debe implementar en una mezcla de bahareque y, así mismo, aportar una alternativa de construcción de rápida ejecución y segura a familias de escasos recursos en zonas rurales donde se empleen materiales naturales y autóctonos en viviendas.
- Realizando los ensayos de límites, se logró la identificación del suelo, debido a que estos laboratorios permiten obtener el rango de humedad dentro del cual se mantiene en estado plástico y con estos valores es posible clasificarlo. Para este caso se tiene un limo de alta plasticidad que cuenta con propiedades de manejabilidad y buena

cohesión, permitiendo la adherencia de las fibras a la mezcla y al entramado. Estas características son las adecuadas, según el libro de Cevallos Salas (2003), para el suelo a implementar en mezclas de bahareque.

- Gracias al diseño de mezcla realizado con diferentes dosificaciones a ocho prototipos -de los cuales la mitad fueron estabilizados con cemento y la otra mitad con cal en un rango que variaba entre 7% y 10%- fue posible observar el comportamiento físico de cada una, comparándose entre sí, en donde la mezcla 2 estabilizada con cal, corresponde a los porcentajes de mezcla 70% de arena, 17% de Suelo, 10% de Cal y 3% de fibra.

REFERENCIAS

- Achapuri, N. (2016). *Sintomatología en las estructuras de concreto armado*.
- Alzate Soto Juan Pablo, O. R. J. P. (2014). *Bahareque como ejemplo de una sostenibilidad, una herencia que se transforma*. Manizales: Universidad de Manizales.
- Anfalit. (2007). *Manual técnico para construcción de muros divisorios y acabados arquitectónicos con productos de arcilla (Legis Impr)*.
- Anink, D., Boonstra, C., & Mak, J. (1996). *Handbook of sustainable building: an environmental preference method for selection of materials for use in construction and refurbishment (James & Ja)*.
- Arenas Cabello, F. J. (2008). Los materiales de construcción y el medio ambiente. *Revista Electrónica de Derecho Ambiental*. Recuperado de: https://huespedes.cica.es/gimadus/17/03_mat_eriales.html
- Arenas Cabello, Francisco J. (2007). *El impacto ambiental en la Edificación. Criterios para una construcción sostenible (Edisofer)*.
- Beltrán Franco, M. E. (1998). Aspectos tecnológicos. Sistema Constructivo. In Filandia. El templo en las ciudades de bahareque. *Pixel Publ.* 21–25.
- Caltex. (2019). *Beneficios y usos de la cal hidratada en la construcción*.
- Carozas Aedo, W., & Rivero Olmos, A. (2002). *Bahareque: Guía de construcción para sísmica*. 2–28.
- Cevallos Salas, P. (2003). Técnicas mixtas de construcción con Tierra. *Tecnologías de Construcción Con Tierra, CYTED*, 37–50.
- Cruz Sotelo, A. R. (2012). *Sistema constructivo taquezal*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cuitiño, G., Esteves, A., Maldonado, G., & Rotondaro, R. (2015). Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha. *Informes de La construcción*, 67(537). <https://doi.org/10.3989/ic.12.082>
- Enciclopedia broto de patologías de la construcción. (2012). In *Links*, 191.
- Esquivel, B. (2015). *Las técnicas tradicionales de adobe y bahareque*. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/mariohidrobo/las->

- tecnicas-tradicionales-de-adobe-y-bahareque-en-costarica-comprimida-borrador-43499539
- Fuentes Aguilar, C., & Marcó Navarro, J. (2013). *Proyecto de viviendas de interés social en bahareque encementado para el municipio de Villamaría, Colombia*, 138.
- Gama, C. E. S. (2007). La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas. Apuntes: *Revista de Estudios Sobre Patrimonio Cultural-Journal of Cultural Heritage Studies*. Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-97632007000200006
- Ganadero, Con. (2018). *Utilice la Cañabrava para aislar nacimientos y fuentes de agua. In Contexto Ganadero*. Recuperado de: <https://www.contextoganadero.com/agricultura/utilice-la-canabrava-para-aislar-nacimientos-y-fuentes-de-agua>
- García, A. (n.d.). *Tabla de densidad de los materiales*. Recuperado de: <http://www.aridsgarcia.com/es/la-oficina-virtual/tabla-de-densidad-de-los-materiales>
- Guerrero Baca, L. F. (2007). Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. *Apuntes: Revista de Estudios Sobre Patrimonio Cultural - Journal of Cultural Heritage Studies*, 20(2), 182–201.
- Henneberg, A. M. (2010). *Prototipo de pared de bahareque. Aproximación hacia una construcción sostenible*.
- Henneberg-De León, A. M., & Briceño, D. (2016). Ensayos a mezclas de barro estabilizadas para el relleno y empañetado de paredes de Bahareque. *In Ingeniería, Investigación y Tecnología*, volumen 17, Issue 1, 143–154. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.01.013>
- Henneberg de León, A. (2012). *Aproximación a un estudio sobre las lesiones del bahareque en el estado Zulia, Venezuela. Algunas recomendaciones para su intervención. Informes de La construcción*, 64(525), 63–74. <https://doi.org/10.3989/ic.08.049>
- Seeger, M. (2017). Experiments as tools in geomorphology. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 43(1), 7–17. <https://doi.org/10.18172/cig.3207>
- SENA, S. N. de A. (2012). *Construcción de muros en tapia y bahareque. Albañilería En Restauración*. Recuperado de: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/albanileri_a_restauracion_edificaciones/construccion_muros_tapia_bahareque.html#
- Silva, O. J. (n.d.). *Cemento*. Recuperado de: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/category/cemento/propiedades-fisicas-del-cemento>
- Sísmica, A. C. D. I. (2014). *Manual de construcción sismo resistente de viviendas en bahareque encementado*.
- Sísmica, A. C. de I. (n.d.). *Terremotos y sismo resistencia. Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzos de viviendas de bahareques tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002*, 1.4-1.5.

- Sísmica, A. C. de I. (2000). Manual de Construcción sísmo resistente de viviendas en bahareque encementado. *Fondo Para La Reconstrucción y Desarrollo Social Del Eje Cafetero*. Recuperado de: http://www.desenredando.org/public/libros/2001/csrvm/guadua_lared.pdf
- Sísmica, A. C. de I. (2002). *Manual De Evaluación, Rehabilitación Y Refuerzo de viviendas de bahareques tradicionales*. Recuperado de: <https://www.desenredando.org/public/libros/2005/cersvm/mre-Bahareque.pdf>
- Sísmica, A. C. de I. (2005). Antecedentes. *Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzos de viviendas de bahareques tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002, 3. Red de solidaridad social.*
- Sísmica, A. C. de I. (2005b). Los principios de la sísmo resistencia. *Manual de evaluación, rehabilitación y refuerzos de viviendas de bahareques tradicionales construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002*, p. 4.3.
- Symonds, ARGUS, COWI, & Bouwcentrum, P. (1999). *Construction and demolition waste management practices and their economic impacts*