

## Prototipo de pared de bahareque. Aproximación hacia una construcción sostenible

Andrea Henneberg

Facultad de Arquitectura y Diseño. Universidad del Zulia, Venezuela

### Resumen

Este artículo desarrolla los distintos pasos para la construcción de una pared de bahareque en la cual fueron aplicados algunos de los principios de una construcción sostenible, como: uso de materiales reciclables y materiales reciclados, uso de poca energía y de agua y uso de materiales que no afectan el medio ambiente. En la construcción de la pared fueron usados materiales existentes en el mercado que son similares a los utilizados tradicionalmente.

De esta manera se pudo demostrar que actualmente se puede construir esta técnica tradicional al igual que reparar estas paredes usando materiales disponibles en el mercado.

### Abstract

*This article explains the construction of a bahareque wall in which were applied some of the principles of a sustainable construction, like: use of recyclable materials and recycled materials, use of less energy and water and use of materials that do not affect the environment. In the construction of this wall, were used material existing in the market that are similar to the materials used in the traditional bahareque-wall. So, it was demonstrated that it is possible to construct this traditional technique and to repair these walls using materials available in the market.*

La tierra ha sido usada desde tiempos remotos como un componente básico en la construcción de edificaciones por encontrarse en casi todos los lugares y ser de fácil procesado y moldeado. Por lo tanto, las construcciones de tierra han existido en diversas culturas a todo lo largo y ancho del planeta, pudiendo ser consideradas como una de las primeras expresiones arquitectónicas del mundo.

A comienzos del siglo XX, con el avance tecnológico y la industrialización de nuevas tecnologías y nuevos productos, la tierra quedó relegada como material constructivo, utilizándose más que todo en poblaciones rurales y en los países subdesarrollados. Sin embargo, la tendencia mundial en la actualidad hacia una arquitectura más sostenible y la persistencia de varios edificios históricos hechos con tierra ha hecho que la tierra resurja como un material ecológico y saludable. Dentro del concepto de construcción sostenible estas construcciones con tierra cumplen con la mayoría de los principios establecidos dadas las características de los materiales que la componen (casi todos son escogidos del entorno) y a la forma de construir (la cual es realizada en el lugar sin necesidad de maquinarias pesadas ni un uso elevado de energía).

Actualmente se pueden distinguir en el mundo varias técnicas constructivas usando la tierra de forma cruda. El bahareque es una de ellas.

Este artículo expone los resultados de uno de los objetivos planteados en el proyecto de investigación "Estudios físicos, mecánicos y químicos de los componen-

### Descriptores:

Bahareque;  
Construcción sostenible;  
Reparación de paredes;  
Arquitectura de barro.

### Descriptors:

*Bahareque,  
sustainable construction,  
rehabilitation, repair of  
walls, earth-architecture.*

TECNOLOGÍA Y CONSTRUCCIÓN | Vol. 26-II | 2010 |  
pp. 45-54 | Recibido el 26/10/10 | Aceptado el 28/02/11

tes del bahareque en el Estado Zulia”, que plantea probar y ensayar varias mezclas de barro con aditivos y materiales del mercado actual, además de construir un prototipo de pared de bahareque en el cual se pudiera experimentar con las mezclas propuestas.

### Principio básico

El bahareque se caracteriza por ser una técnica de construcción con tierra, conformado por un entramado de madera que se rellena con barro, piedras y otros materiales. Presenta cuatro partes: horconadura, enlatado, relleno y empañetado<sup>1</sup> (foto 1). Es una técnica constructiva que sigue siendo usada tanto en Venezuela como en varios países de Centroamérica y Suramérica. En el estado Zulia son numerosas las edificaciones hechas de bahareque tanto en los cascos históricos de los poblados como en las zonas rurales.

Se pretende con este proyecto proporcionar una respuesta para la reparación de esas paredes de bahareque son muy vulnerables ante los agentes ambientales. La falta de destreza constructiva junto al olvido de cómo construirla, aunado a la escasez de investigaciones en este tema, más que todo en el aspecto técnico-constructivo, ha imposibilitado tanto a organismos públicos como a los propios usuarios disponer del conocimiento suficiente para reparar y mantener dichas paredes de manera adecuada.

Para ello se propone usar materiales existentes en el mercado similares a los utilizados tradicionalmente en el

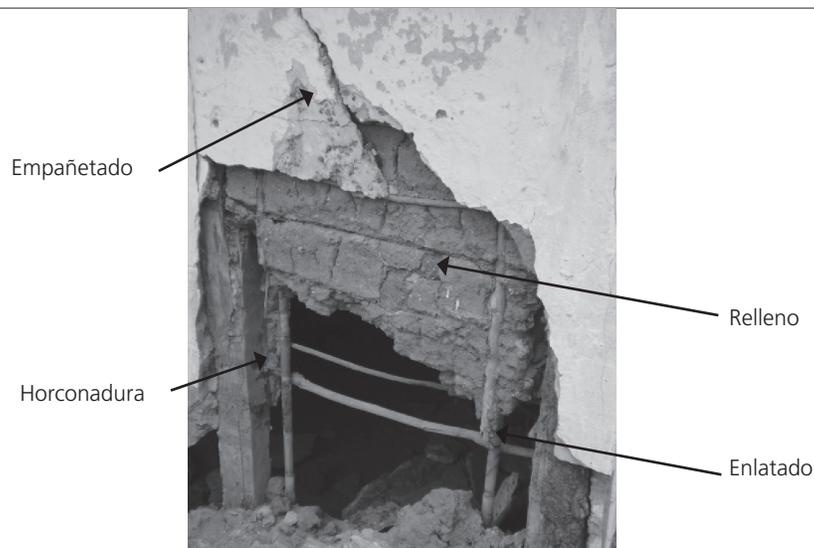
bahareque, aplicándolos en la construcción de este prototipo y considerando algunos de los principios de la sostenibilidad. A través de esta construcción se desea demostrar tanto la factibilidad de la construcción de esta técnica tradicional con materiales actuales como la reparación de estas paredes.

### Pautas a seguir en la construcción del prototipo

Antes de iniciar con la construcción del prototipo fueron establecidas unas pautas bajo las cuales debía seguirse la construcción para poder cumplir con un doble propósito: usar materiales del mercado y cumplir algunos de los principios establecidos para una construcción sostenible. Las pautas fueron las siguientes:

1. Reproducir la técnica constructiva tradicional de la manera más fiel posible, pero agregándole materiales que aumenten su durabilidad y disminuyan su tendencia al deterioro.
2. Usar materiales de fácil adquisición en el mercado actual y que sean del conocimiento común y popular.
3. Mejorar la técnica constructiva tradicional con materiales asequibles y fáciles de utilizar.
4. Usar material reciclable y escombros para ahorrar consumo energético y reducir el uso de recursos de acuerdo a los criterios de una construcción sostenible.
5. No generar escombros o residuos, no producir ruidos y no utilizar demasiada agua, respetando de esta manera el

Foto 1  
Pared de bahareque



ambiente y asegurando su preservación dentro del marco de la sostenibilidad.

Para la construcción del prototipo de pared de bahareque cumpliendo con estas pautas se decidió recurrir a los siguientes materiales y a las acciones que a continuación se mencionan:

- Proteger los horcones de madera contra la humedad y los xilófagos usando para ello aceite quemado y realizando una base de concreto a los horcones.
- Elaborar una base impermeabilizante para la pared para evitar su deterioro por efecto de la humedad capilar y del salpiqueo de la lluvia. Para ello se propuso usar como base una bolsa plástica y un concreto de 2 cm de espesor.
- Utilizar para el enlatado varas de madera que pudiesen adquirirse en cualquier aserradero o ferretería y protegerlas también contra la humedad y los xilófagos usando aceite quemado.
- Emplear para los amarres un material similar a las fibras vegetales como es el mecatillo, que puede conseguirse en cualquier ferretería.
- Como la piedra de ojo del relleno no es de fácil adquisición ni de extracción, sustituirla por escombros de bloques de arcilla y bloques de cemento que pueden ser obtenidos en alfarerías, ferreterías o en cualquier obra que use estos materiales.
- Añadir a la mezcla de barro aditivos que aumenten su durabilidad y su impermeabilidad y que son de uso común en la población, como el cemento y la cal.
- Utilizar como acabado final la cal en vez de pintura látex o de esmalte, las cuales resultan más costosas.

### Construcción del prototipo de pared de bahareque dentro del marco de la sostenibilidad

Cumpliendo con las pautas establecidas se construyeron alrededor de 5,70 m de pared de bahareque en forma de L. Los horcones fueron hincados cada 0,90 metros, hasta formar 6 paños o paneles. Cada uno de estos paneles recibió una mezcla de barro y de escombros diferentes para poder luego establecer a través de la observación visual a lo largo del tiempo cuál de las mezclas y de los materiales de relleno son los más adecuados para rehabilitar o reparar una pared de bahareque.

Este prototipo de bahareque fue construido en los terrenos de la Universidad del Zulia, en un área aledaña a lo que será el laboratorio de materiales del Departamento de Construcción y Tecnología en Arquitectura.

### Fundaciones y horcones

En vista de que usualmente la horconadura no presenta fundaciones y aunque en esa parte solo se han observado deterioros por pudrición –lo cual origina debilitamiento de las paredes y un posible desplome en caso de sismos– en esta propuesta se consideró proveer a cada horcón de un recubrimiento de concreto en la parte enterrada. Este recubrimiento servirá a un doble propósito: suministrar una fundación al horcón y protegerlo contra la humedad y posibles xilófagos. Como impermeabilización adicional y para prolongar la vida útil de la madera se pintó todo el horcón con aceite quemado; en caso de no tener aceite quemado se podría usar gasoil. Esta sugerencia fue tomada de las creencias populares y de las investigaciones de Parisi et al. (2008), Pérez (2005), Andrade (1996) y del Laboratorio de Investigaciones Sociales de la Universidad Central de Venezuela (1987).

En los horcones, antes de ser hincados, se hicieron unas muescas (foto 2) para así aumentar la adherencia de la madera con el concreto y con el relleno de barro, luego fueron pintados con aceite quemado. La aplicación del aceite quemado fue realizada con brocha, a través de un tratamiento de superficie.

Tomando como patrón la experiencia de Pérez (2005) en México, se hicieron unos huecos de 30 cm x 30 cm x 60 cm de altura para embutir los horcones dentro de ellos unos 50 cm. Como base de estos se colocó medio bloque de cemento de forma acostada de 10 cm de espesor, el cual fue rellenado con concreto. Después de ubicar el bloque base se procedió a colocar el concreto a su alrededor para después colocar el horcón y rellenar todo el hueco con concreto (foto 3). La mezcla de concreto utilizada corresponde a la de resistencia de 180 Kg/cm<sup>2</sup>, cuya dosificación estuvo basada en los datos suministrados por la empresa Construrama (s/f) con licencia de Cemex Venezuela, publicados en una tabla para la dosificación de mezclas de concreto. Dicha dosificación fue de 1 saco cemento (42,5 Kg), 5,75 cuñetes de arena (109,25 litros) y 4 cuñetes de piedra (76 litros) con 1,25 cuñetes de agua (23,75 litros).

Los horcones usados fueron de madera de algarrobo (*Hymenaea courbaril*), madera de clase A según la clasificación de la Junta del Acuerdo de Cartagena (PADT-REFORT-JUNAC, 1984). Sus medidas fueron de 10 cm x 10 cm y presentaban una altura variada entre 2,10 m. y 2,30 m.

Para que la pared no estuviese en contacto directo con el suelo y evitar un posible deterioro por humedad capilar de las paredes, se realizó una base para lo cual se excavó entre los horcones una pequeña zanja de 2 cm de profundidad por 16 cm de ancho, y dentro de ella se colocó un plástico, proveniente de una bolsa plástica, a manera de impermeabilización y luego se rellenó de concreto de 180 Kg/cm<sup>2</sup>, el mismo usado para la base del horcón (foto 4). Esta zanja está unida a la base de los horcones a través del concreto utilizado en ambos, y constituye una base impermeabilizante para las paredes de bahareque (foto 5).

### Enlatado

Para el enlatado fueron usados listones de 2 cm x 2 cm de madera de ceiba (*Ceiba pentandra*). Estas varas

de ceiba fueron usadas en 5 paneles. Al sexto panel se le colocó caña brava (*Gynerium Sagittatum*), material utilizado comúnmente en las paredes tradicionales de bahareque. El uso de dos materiales diferentes se debió a la intención de realizar posteriormente un análisis comparativo entre el comportamiento y el deterioro de las varas de ceiba y las de caña brava.

Tanto los listones como las cañas fueron amarradas a los horcones por ambos lados con separaciones entre ellas de 15 cm, distancias que fueron marcadas sobre los horcones. Esta medida resultó de calcular la media entre 10 cm y 19 cm, que fueron las separaciones mínimas y máximas en el enlatado, obtenidas en 27 encuestas que se hicieron para conocer las características constructivas de bahareque en el estado Zulia (Henneberg de León, 2010). Las uniones de las varas a los horcones se hicieron con el llamado "mecatillo", hecho con hebras de sisal<sup>2</sup> (foto 6).

Una hilera de varas con sus uniones se dejó al descubierto con la intención de poder observar su comportamiento y deterioro ante los agentes climáticos.

Foto 2  
Haciendo muescas a los horcones



Foto 4  
Zanja rellena de concreto



Foto 3  
Horcón enterrado y relleno de concreto



Foto 5  
Zanja terminada



Entre los horcones se amarraron varas verticales en ambas caras, las cuales fueron fijadas tanto al enlatado como entre sí (foto 7), con la función de evitar que las varas se abran por efecto del relleno. Por último, todo el enlatado fue pintado con aceite quemado.

**Relleno**

Ha sido una práctica común reparar estas paredes con mezclas de cemento y arena en proporciones no adecuadas, ya que las paredes se siguen deteriorando. En vista de que el imaginario zuliano asocia el cemento y concreto con una construcción más duradera (Ortigosa, 2008), se estableció mejorar la mezcla de barro del relleno añadiendo como aditivos el cemento y la cal, materiales conocidos por los zulianos. Por lo tanto, fueron analizadas una serie de mezclas con estos aditivos que han sido ensayadas y experimentadas en diferentes países. De este análisis se pudo concluir que el cemento en proporciones de 5% hasta 15% ha actuado bien como estabilizante del barro, mientras que la adición de cal depende del tipo de arcilla de la mezcla. Por lo tanto, para este trabajo se decidió

experimentar con dos mezclas de barro, una con cemento y otra con cemento y cal.

Tomando como fundamento las dosificaciones de estos aditivos planteadas en las investigaciones de Díaz et al. (1986), Doat et al. (1990), Navarro (1995), Hays y Matuk (2003) y Minke (2005), se resolvió agregar a la mezcla de barro 10% de aditivo. En el caso de la mezcla con cemento, sería 10% de cemento y en el caso de la mezcla con cemento y cal, sería 5% de cemento y 5% de cal.

Para sustituir las piedras de ojo (laterita ferruginosa), piedras, pedazos de bloques y conchas de coco utilizadas generalmente en el relleno, se planteó usar tres tipos de relleno: relleno con escombros de bloques de arcilla, relleno con escombros de bloques de cemento y relleno con escombros de bloques de arcilla y de cemento.

Relacionando los dos tipos de mezclas de barro con aditivos y los tres tipos de relleno se obtuvieron seis paneles que se muestran en el cuadro 1.

De acuerdo con el cuadro 1, los paneles quedaron conformados así:

Panel 1: Relleno de escombros de bloques arcilla y mezcla de barro con cemento (foto 8);

Foto 6  
Amarres hechos con mecatillo

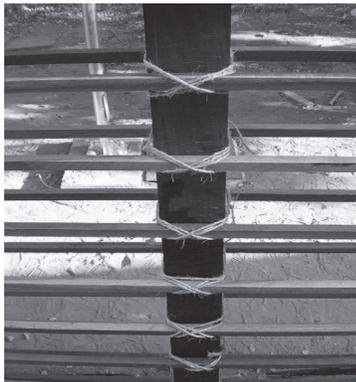


Foto 7  
Varas verticales entre los horcones

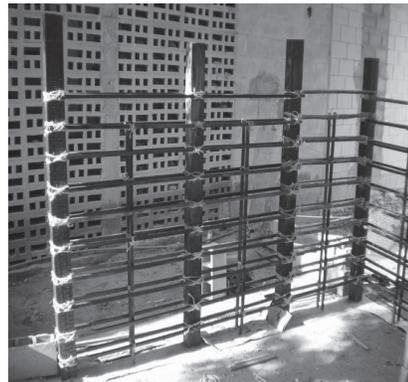
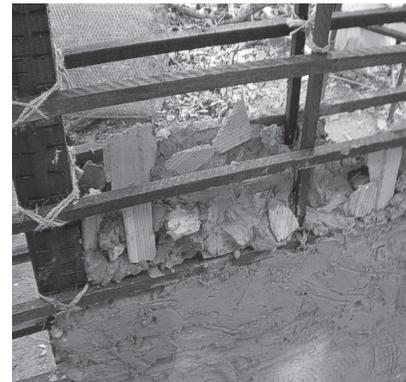


Foto 8  
Panel 1



Cuadro 1  
Relación de variables para la obtención de números de paneles

| Variable mezcla                           | Barro + cemento | Barro + cemento + cal |
|---|-----------------|-----------------------|
| <b>Variable relleno</b>                   |                 |                       |
| Escombros de bloques de arcilla           | Panel 1         | Panel 4               |
| Escombros de bloques de arcilla y cemento | Panel 2         | Panel 5               |
| Escombros de bloques de cemento           | Panel 3         | Panel 6               |

Fuente: elaboración de la autora.

Panel 2: Relleno de escombros de bloques de arcilla y cemento y mezcla de barro con cemento;

Panel 3: Relleno de escombros de bloques de cemento y mezcla de barro con cemento;

Panel 4: Relleno de escombros de bloques de arcilla y mezcla de barro con cemento y cal;

Panel 5: Relleno de escombros de bloques de arcilla y cemento y mezcla de barro con cemento y cal (foto 9); y

Panel 6: Relleno de escombros de bloques de cemento y mezcla de barro con cemento y cal (foto 10).

Aunque no existe una norma que especifique la altura más apropiada de un zócalo, hay varias propuestas con respecto a dicha medida. Minke (2001) comenta que debe ser mayor de 30 cm, mientras que Maldonado y Vela (1999) sugieren una altura entre 0,5 m y 1 m. La altura del zócalo en este prototipo fue hecho de 50 cm, acogiéndose a la medida propuesta por Doat et al. (1990), Pérez (2005) y Schreckenbach (2004). Para crear este zócalo interno en los

paneles propuestos fueron colocados pedazos más grandes de bloques y de forma más tupida en los primeros 50 cm.

Los bloques de arcilla y cemento usados procedían de varias fuentes. Algunos estaban esparcidos en las cercanías como basura, otros fueron sacados de escombros que se encontraron en los predios de la universidad y el resto fue comprado en ferreterías y roto en la obra.

La arcilla usada para la mezcla estaba en estado natural presentándose en forma de roca de Cañada Honda en Maracaibo. Esta arcilla fue triturada y ablandada con agua durante 18 horas para poder ser mezclada luego con arena roja y formar el barro. Este barro fue bien amasado y mezclado, antes de añadirle las proporciones propuestas de cemento y de cemento y cal. Luego esta mezcla con aditivos fue nuevamente amasada a medida que se iba colocando entre el enlatado junto a los pedazos de bloques, hasta rellenar completamente los paneles (foto 11). Esta mezcla se dejó en estado relativamente plástico para poder garantizar que se extendiera bien entre los bloques del relleno.

*“Para a técnica mista, o barro dever ser mais plástico, mais úmido, para possibilitar a acomodação entre os elementos do entramado, mas também não pode ser muito plástico, a ponto de escorrer por entre estes elementos”<sup>3</sup> (Neves et al., 2005, p. 26).*

### Empañetado base

La misma mezcla del relleno fue usada como empañetado base cubriendo con ella todo el enlatado y los horcones. Para mejorar la adherencia de este empañetado con

Foto 9  
Panel 5



Foto 10  
Panel 6



Foto 11  
Rellenando el panel



el relleno, se fue arrojando con fuerza la mezcla sobre las varas y el relleno hasta cubrir completamente el enlatado. Luego fue emparejada la mezcla y se allanó con una llana con borde estriado para dejar con cierta rugosidad la superficie de este empañetado base (foto 12).

Estos paneles fueron mojados durante 8 días para lograr que el relleno y el empañetado base pudiesen secarse lentamente debido a las altas temperaturas que imperan en la ciudad de Maracaibo. De esta forma se incrementó el tiempo de secado (Minke, 2005) y se disminuyó la formación de grietas y fisuras producto de la contracción del barro durante el proceso de secado.

Los paneles se dejaron secar durante 42 días para garantizar que estuviesen bien secos antes de aplicar el empañetado final, sabiendo que la humedad relativa de Maracaibo oscila entre 50% y 65% durante el día y en la

noche entre 75% y 92% (COE, 1999). De acuerdo con los experimentos realizados por Minke: “Con una humedad relativa de 44% el período de secado terminó después de 14 días, mientras que con 81% terminó después de 30 días aproximadamente” (Minke, 2005, p. 35).

### *Empañetado final o Enlucido*

Antes de colocar el empañetado final, los paneles fueron mojados hasta su saturación, como sugieren Hays y Matuk (2003). También para el enlucido se decidió hacer dos mezclas para que se correspondieran con los dos rellenos.

El empañetado 1 o enlucido 1 fue hecho a base de arcilla, arena, cal y cemento y fue colocado sobre el relleno 1, el cual solo tenía cemento en su mezcla. Mientras que el empañetado 2 o enlucido 2, fue hecho con arcilla, arena y cal y fue colocado en los paneles que tenían el relleno 2, el cual tenía tanto cemento como cal en su mezcla.

Niemeyer (1982) propone que cualquier tipo de empañetado debería realizarse en dos capas hasta lograr un total de 2 cm en las paredes no expuestas a la intemperie y tres capas de 2,5 cm para las paredes expuestas a la intemperie. Hays y Matuk (2003) y Schreckenbach (2004) sugieren realizar dos capas de empañetados: uno de fondo y otro de acabado. En vista de que en este prototipo el empañetado base se colocó junto con el relleno, se procedió a colocar el enlucido o empañetado final en una sola capa.

Este enlucido fue aplicado con un grosor máximo 2 centímetros y fue allanado con la mano y con la llana hasta obtener una textura lisa.

Foto 12  
Empañetado base rugoso



Foto 13  
Paredes terminadas



Fuente: Adriana Mariotti.

Foto 14  
Fisuras en borde superior después de aplicado el enlucido



Fuente: Adriana Mariotti.

Después de dejar secar por una semana fueron encaladas las paredes como una manera de protegerlas ante las acciones del ambiente. Para ello se hizo una mezcla con cal seca y agua con la consistencia suficientemente fluida para ser aplicada. La proporción que resultó fue de 53% de cal y 47% de agua medidas en volumen (foto 14). "Kalkanstriche auf Lehmwänden halten ein, höchstens zwei Jahre"<sup>4</sup> (Niemeyer, 1982, p. 95). Debido a que no son muy durables los encalados, esta pintura de cal deberá reponerse cada 6 meses para que sea efectiva y proteja los paneles de bahareque de la acción del sol, la lluvia y el viento que a la larga van erosionando y degradando este encalado.

Para finalizar, fue pintado un rodapié de 50 cm de alto en la parte interna de los paneles con una mezcla hecha con cal seca, agua y pega blanca, en la siguiente proporción medida en volumen: 44,5% de cal seca, 44,5% de agua y 11% de pega blanca (foto 13).

## Deterioros observados en el prototipo de bahareque

### Fisuras en el empañetado base.

Después de realizar el relleno junto al empañetado base, este último empezó a fisurarse a lo largo de los días mientras se estaba secando. Después de 8 días se observaron fisuras horizontales a lo largo de las varas horizontales y fisuras verticales a lo largo de los horcones mayormente en la mitad superior del panel.

Los bordes laterales y los bordes superiores también mostraron fisuras, aunque no con la misma cantidad y forma. El que más mostró fisuras y grietas fue el borde del panel 6, posiblemente porque estaba más expuesto al sol que el borde del panel 1. Todos los bordes superiores mostraron fisuras de igual magnitud.

Estas fisuras se producen por efecto de la contracción de la mezcla al secarse y pueden ser reparadas. Estas grietas y fisuras fueron tapadas con el empañetado final o enlucido.

### Fisuras en el empañetado final o enlucido.

A la semana de colocar el enlucido aparecieron unas pequeñas fisuras más que todo en el borde superior de los paneles (foto 14). Estas fisuras también son producto de la contracción de la mezcla durante su proceso de secado.

Antes del encalado, estas fisuras fueron reparadas con la misma mezcla del enlucido.

Después de 4 meses de haberse construido el prototipo de pared de bahareque la pared estaba en buen estado. Las varas y los amarres que se dejaron a la vista están iguales, no advirtiéndose hasta los momentos ninguna lesión en ellos.

### Suciedad por depósito.

En algunas partes de la pared se observa suciedad proveniente del ambiente. Lesiones que aparecen por efecto de las lluvias, sol y viento.

### Suciedad por lavado diferencial.

Se observaron lavados diferenciales producto de las lluvias.

### Salpiqueo.

En la parte inferior de la pared se observan las típicas manchas del salpiqueo como consecuencia de las lluvias y el viento.

## Conclusiones

Con la construcción de este prototipo queda comprobado que, hoy en día, no sólo se puede reparar o rehabilitar una pared de bahareque sino que se puede construir con esta técnica tradicional, usando materiales disponibles en el mercado y cumpliendo con algunos de los criterios que impone una construcción sostenible. En esta construcción se cumplieron los siguientes criterios de una construcción sostenible:

- uso de material desechable: aceite quemado, escombros de bloques de arcilla y bloques de cemento;
- uso de material que se produce con poca energía: arcilla y arena;
- uso de materiales que no afectan el ambiente: madera, mecatillo, arcilla y arena;
- uso de poca agua: sólo se usó el agua indispensable para la mezcla de concreto para las fundaciones, para las mezclas de barro para el relleno y el empañetado y para mojar la pared durante el proceso constructivo;
- ninguna producción de ruido: no se usó ningún aparato mecánico ni eléctrico durante el proceso constructivo. Todas las acciones fueron manuales;
- uso de material reciclable: madera y mezcla de barro con aditivos (estos pueden servir de relleno a otra pared).

El aspecto de los costos que también debería tomarse en cuenta dentro de lo que significa una construcción sostenible, no fue considerado en este trabajo sino que queda para un estudio en el futuro, en el cual deberían compararse varias técnicas constructivas. De todos modos, haciendo una estimación aproximada, se puede decir que en cuanto a los materiales empleados en las fundaciones, estos fueron similares a los usados generalmente en la construcción tradicional, y el costo de la horconadura de madera podría ser similar a la de una columna de concreto; posiblemente en estos aspectos no haya un ahorro considerable. Pero en cuanto a la construcción de la pared solo fueron comprados alrededor de 1 saco de cemento, ½ saco de cal y 100 sacos de arena roja, 115 metros lineales de listones de madera y un rollo de mecatillo, al compararlos con los materiales usados en la técnica de mampostería.

Además, la construcción de esta pared de bahareque demostró lo siguiente:

a) Da igual usar varas de madera o cañas para el enlatado, ya que ambas realizan muy bien la función de armado y de confinamiento del relleno.

b) Las uniones entre las varas y entre las varas con el horcón usando los amarres cruzados son muy efectivas y rápidas de hacer.

c) Las mezclas usadas para el relleno y empañetado eran adecuadas. Las mezclas de relleno tenían buena consistencia y tenían la plasticidad apropiada para ser trabajada. Se adhirieron sin problema a los bloques de arcilla y cemento usados también en el relleno. Aunque aparecieron fisuras a lo largo del enlatado después de la aplicación del empañetado base durante el proceso de secado, casi no hubo fisuras después de la aplicación del empañetado final o enlucido. Esto demuestra que ambas mezclas del empañetado final tienen una buena proporción de arcilla, arena y aditivo.

d) Las lesiones físicas que aparecieron después de aplicado el empañetado base y el empañetado final son

producto de la retracción del barro al secarse, las cuales pueden subsanarse. Las lesiones que se presentaron después de cuatro meses de construida la pared son comunes a cualquier pared, ya que son producto del ambiente. Las lesiones sólo han aparecido en el empañetado que es la parte del bahareque que se encuentra expuesta, mientras que las demás partes están en excelente estado.

Los materiales empleados en la construcción del bahareque tradicional como son la madera, las varas, la piedra, la arcilla y la arena, fueron materiales que ofrecía el entorno, por lo que se puede decir que construir con la técnica del bahareque es construir de forma sostenible. En la actualidad, todos los materiales involucrados en la construcción del bahareque son de fácil adquisición en el mercado zuliano, y en el caso de que no se consiguieran, pueden ser sustituidos por materiales similares. Para la horconadura sirve cualquier madera calificada tipo A; para el enlatado pueden usarse listones de madera, ramas rectas o cualquier otro tipo de vara; y para el relleno se sugiere reemplazar la piedra de ojo por bloques, ladrillos, o escombros de bloques y ladrillos. Para estabilizar la mezcla de barro y hacerla más impermeable y por tanto más duradera, se propone agregarle dos aditivos: el cemento y la cal. El bahareque estabilizado con bajas proporciones de cal y cemento Portland presenta una solución intermedia entre las técnicas tradicionales limpias y ecológicas y las técnicas contaminantes de ladrillo y cemento.

Por lo tanto, se puede decir que el construir con la técnica del bahareque es construir de forma sostenible, por cuanto en su construcción se aplican algunos de los criterios de una construcción sostenible como son: consumir poca cantidad de energía y agua a lo largo de su vida; hacer un uso de materiales que no perjudican el medio ambiente, usar materiales renovables; generar mínimas cantidades de residuos y contaminación a lo largo de su vida; integrarse correctamente en el ambiente natural y crear un ambiente interior saludable.

## Notas

- 1 A esta parte del bahareque se le denomina muchas veces friso. Pero de acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española (2001) el empañetado tiene barro en su mezcla mientras que el friso no lo tiene.
- 2 El sisal es una: "fibra flexible y resistente obtenida de la pita y otras especies de agave del sureste de México y partes de América Central" (Diccionario de la Real Academia Española, 2001, p. 2073).

- 3 "Para la técnica mixta, el barro debe ser más plástico, más húmedo, para posibilitar la acomodación entre los elementos del entramado, pero tampoco puede ser muy plástico, a punto de escurrir por entre estos elementos" (traducido por la autora).
- 4 "Las pinturas a base de cal sobre paredes de barro duran uno, máximo dos años" (traducido por la autora).

Salvo indicación en contrario, todas las fotos que ilustran este artículo fueron tomadas por la autora, A. Henneberg.

## Referencias Bibliográficas

- Andrade, R. (1996) Bahareque. Guía para la construcción de viviendas. Sistema constructivo E.P.R.T.B.R.Y2. Fondo Editorial Vivienda Popular. Caracas, Venezuela.
- Centro de Optimización Energética (COE) (1999) Recomendaciones para mejorar la calidad térmica de las edificaciones. Comisión para el Mejoramiento de la Calidad Térmica de las Edificaciones y el Espacio Urbano, Maracaibo, Venezuela.
- Construrama (s/f). Tabla para la dosificación de mezclas de concreto. Construrama, Licencia de Cemex Venezuela. Estado Zulia.
- Díaz, J.; Guinea, M.; Rohmer, E. y Salas, J. (1986) Primeros resultados del trabajo de investigación sobre la tierra como material de construcción, en el IETcc. En Informes de la Construcción. Vol. 37, nº 377. 5 -21.
- Doat, P.; Hays, A.; Houben, H.; Matuk, S. y Vitoux, F. del Grupo CRAterre (1990) Construir con tierra. Tomos I y II. Fondo Rotatorio Editorial. Bogotá, Colombia.
- Hays, A. y Matuk, S. (2003) Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación con técnicas mixtas de construcción con tierra. En Técnicas Mixtas de Construcción con Tierra (pp. 121-350). PROTERRA - PROYECTO XIV. 6. HABYTED Subprograma XIV-Tecnología para Viviendas de Interés Social. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Archivo virtual en CD.
- Henneberg de León, A. (2010) Paredes de bahareque en el Estado Zulia. Estudio integral para su rehabilitación sostenible. Tesis doctoral para optar al título de Doctor en Arquitectura no publicada. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.
- Laboratorio de Investigaciones Sociales de la Universidad Central de Venezuela (1987) Manual de construcción y mejoramiento de viviendas de bahareque para el control de la enfermedad de Chagas. Trabajo de investigación. Caracas, Venezuela.
- Maldonado, L. y Vela, F. (1999) Curso de construcción con tierra I. Técnicas y sistemas tradicionales. Instituto Juan de Herrera. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid. Madrid, España.
- Minke, G. (2001) *Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra*. 2da edición. Forschungslabor fuer Experimentelles Bauen. Universidad de Kassel, Alemania. Recuperado en junio de 2007, de [http://www.arquisocial.org/tiki-download\\_file.php?field=44](http://www.arquisocial.org/tiki-download_file.php?field=44)
- Minke, G. (2005) Manual de construcción en tierra. Segunda edición. Editorial Fin de Siglo. Uruguay.
- Navarro, N. (1995) Estabilización de suelos. Charla en el I Curso Internacional "Diseño y Construcción con Tierra". CYTED Red XIV.a- Habiterra. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Mérida, Venezuela.
- Neves, C.; Faria, O.; Rotondaro, R.; Cevallos, P. y Hoffmann, M. (2005) "Seleção de solos e métodos de controle em construção com terra-práticas de campo". Ponencia en IV Seminário Ibero-americano de Construção com Terra, 4. E Seminário Arquitectura de terra em Portugal, Monsaraz (Portugal). Actas... Vila Nova de Cerveira (Portugal). Escola Superior Galacica / PROTERRA-CYTED. Disponible en CD-ROM.
- Niemeyer, R. (1982) Der Lehm bau (La construcción en barro). 2da edición. Öekobuch Verlag. Staufen bei Freiburg, Alemania.
- Ortigosa, M. E. (2008) Habitar la tecnología y los imaginarios del construir en Maracaibo. Ponencia presentada en el I Encuentro Nacional de Investigación en Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Maracaibo, Venezuela.
- PADT-REFORT, JUNAC. (1980) Cartilla de construcción con madera. 3ra reimpresión. Editado por Junta del Acuerdo de Cartagena- JUNAC. Colombia.
- Parisi, R.; Castañeda, G. y Vecchia, F. (2008) "Tierra armada y su comportamiento térmico, dos experiencias en Brasil y México", en Revista Tecnología y Construcción. Vol 24, nº 1. Enero 2008, pp. 33-42.
- Pérez, A. (2005) "Sistema bahareque. Chiapas, México. Ficha 3.3". En Un techo para vivir. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. CYTED. Subprograma XIV. Proyecto: XIV.3 y XIV.5 con techo. PROGRAMA 10 x 10. Barcelona, España. Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL. En formato CD.
- Real Academia Española (2001) Diccionario de la lengua española. Tomos 1 y 2 .22ª edición. Editorial Espasa Calpe S. A. Madrid, España.
- Schreckenbach, H. (2004) Lehm bau-info. Verbraucherinformation (Información sobre construcciones de barro). Dachverband Lehm e.V. Weimar, Alemania.