



BAHAREQUE CON GUADUA COMO ALTERNATIVA PARA LA RECONSTRUCCIÓN POST TERREMOTO EN LA COSTA ECUATORIANA. CASO DE ESTUDIO: CASA DE MECHE

Patricio Cevallos Salas¹, Enrique Villacís², María Lorena Rodríguez³, Cynthia Ayarza³

¹Ingeniería Alternativa, cevallos.patricio@gmail.com

²Facultad de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, evillacis@puce.edu.ec

Oficina "Ensusitio", ³contact@ensusitioarq.com;

Palabras claves: taller de guadua y tierra, técnica sismo resistente, capacitación

Resumen

Si bien la tierra y la caña guadua, de manera histórica, se han utilizado intensivamente en la costa ecuatoriana, su uso ha ido decayendo especialmente debido a la falta de credibilidad en cuanto a durabilidad y sismo resistencia que estos materiales ofrecen. Este artículo, a partir del caso de estudio "La Casa de Meche", explora la posibilidad de una edificación que utilice guadua y bahareque del lugar como una alternativa a los sistemas tradicionales planteados para la reconstrucción por el terremoto del 16 de Abril del 2016, demostrando de manera práctica y técnica la resistencia de este material tanto a los esfuerzos sísmicos cuanto a la duración. Para el bahareque se trabajó con el suelo arcilloso, que se encuentra en el sector y la arena la que se explota para las obras del lugar. Se preparó un panel con diferentes dosificaciones para identificar, visualmente, la mezcla más adecuada que garantice un buen comportamiento de la técnica constructiva tradicional en la zona costanera con los materiales localmente disponibles.

1. INTRODUCCIÓN

En la provincia de Manabí, Ecuador, el 16 de abril del 2016, se produjo un sismo de 7.8 grados Richter y como consecuencia colapsan muchas edificaciones de hormigón armado causando más de 600 víctimas mortales. Pese a este desastre, la población miró como las viviendas de caña guadua y tierra o ladrillo cerámico permanecieron en pie apenas con pequeñas secuelas. Con ello reivindicaron lo que de manera ancestral conocían: la construcción con caña es sismo resistente.

Meses después del terremoto se llevó a cabo la construcción de la "Casa de Meche", no como un objeto aislado y de bien privado, sino en un proceso de reconstrucción bajo la premisa de ser un taller de "buenas prácticas constructivas". Este proceso fue dirigido a Meche, familiares, y vecinos para que pudieran re-aprender de técnicas locales y replicarlas con seguridad en un futuro. El uso de guadua en la estructura y de barro en paredes fueron en respuesta a la existencia de estos materiales en el sector, las altas temperaturas del lugar, el interés de los vecinos en aprender sobre estas técnicas usadas por sus antiguos habitantes y finalmente para verificar que estas estructuras son sismo resistentes.

En el Ecuador el uso de tierra en la construcción es un hecho que ha estado presente a lo largo de toda su historia. Lamentablemente, en los últimos años, esta tradición se ha ido perdiendo. En zonas rurales el uso de bareque es sinónimo de pobreza, situación que se vio reflejada en la Casa de Meche, donde el uso de esta técnica con el tiempo abrió dos brechas: la primera, la de desconfianza y la sensación de pobreza; y, la segunda, la curiosidad y re-valoración de este material. Parte de la re-valoración fue el acompañamiento técnico durante todo el proceso, pues era importante transferir los conocimientos técnicos adecuados y demostrar la durabilidad y sismo resistencia de la guadua como esqueleto del bareque.

2. DURABILIDAD Y SISMO RESISTENCIA DE LA GUADUA

La destrucción de muchas viviendas e importantes edificaciones urbanas como centros comerciales, escuelas, hospitales, desnudó la fragilidad de la construcción en hormigón armado, sea por mala calidad de la obra, por mal diseño, por no ajustarse a normativa y, en definitiva, por el exceso de confianza que da una obra en hormigón armado y que, consecuentemente, la calidad de la obra no es la esperada. Dentro de toda esta destrucción se pudo apreciar que las viviendas que tenían como material estructural la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth, GaK) o a la madera, elementos muy elásticos, habían soportado el sismo de mejor manera. En las evaluaciones post sismo se pudo apreciar que estas viviendas mostraban fisuras en su mampostería de ladrillo cerámico o en su bahareque pero su estructura estaba en buenas condiciones salvo aquellas que, por el mal estado de la madera o de la caña, especialmente pudrición, habían colapsado o estaban en situaciones de peligro que ameritan evacuar a sus habitantes y demoler la vivienda.

La buena respuesta sismo resistente que tuvieron las viviendas y en general las construcciones de caña, hizo que aquellos pobladores que querían reconstruir su vivienda se inclinaron por materiales como la caña y la madera. En el caso de Meche, la inclinación nació de los participantes del taller de “buenas prácticas constructivas”, quienes querían verificar la resistencia y durabilidad de la guadua porque muchos de ellos tienen cultivos de caña en sus fincas y porque su falta de conocimiento ha hecho que solo lo utilizaran en construcciones temporales y no como parte de estructuras definitivas.

La construcción inició con la re-capacitación de los participantes del taller para entender como la selección, cosecha y tratamiento adecuado de la guadua afectan en su durabilidad y aseguran el mantenimiento y, de manera importante, la reproducción de la especie que evite la deforestación desmedida. Había que tener cuidado en que la caña tenga la edad adecuada (entre 3 y 6 años), esté seca y debidamente preservada. No siempre sucedía eso ya que se había perdido la cultura del corte en la luna adecuada (menguante), lo que permitía un mejor secado y en menor tiempo, además la caña tenía mejores características para resistir el ataque de termitas, polillas, hongos, etc. El tratamiento fue a partir de inmersión durante dos semanas en una ría con corrientes de agua dulce y salada, y una vez que la madera se “amargó” y quedó protegida de los agentes antes mencionados, se inició la capacitación del armado del esqueleto. Dentro del taller se trabajaron conceptos básicos de la GaK, su comportamiento ante la compresión, la tracción, las grandes luces y la diagonalización en esquinas, de manera que la GaK forme el “esqueleto” de la construcción y le da las características sismo resistentes. La caña, con coeficiente de humedad (CH) de 12%, tiene las propiedades mecánicas presentadas en la tabla 1, las recomendadas que se procedan al diseño estructural sismo resistente

Tabla 1 – Propiedades mecánicas de la GaK, con CH=12% (Código NEC-SE-GUADUA, 2016)

Esfuerzos admisibles: F_i (MPa)				
F_b Flexión	F_t Tracción	F_c Compresión	F_{p^*} Compresión	F_v Corte
15	19	14	1,4	1,2
Esfuerzos últimos: F_u (MPa)				
F_b Flexión	F_t Tracción	F_c Compresión	F_v Corte	
45	117	37	7	
Módulos de elasticidad: E_i (MPa)				
Módulo percentil 5 $E_{0.5}$	Módulo percentil 5 $E_{0.05}$	Módulo mínimo E_{min}		
12.000	7.500	4.000		

F_c – compresión paralela al eje longitudinal; F_{p^*} – compresión perpendicular al eje longitudinal

Es de señalar que tratándose de una estructura liviana y elástica, las características de sismo resistencia se potencian respecto a los materiales pesados y rígidos como el concreto.

La figura 1 presenta el diseño de cada de Meche, cuya construcción fue motivo del taller de “buenas prácticas constructivas”. Si bien se trata de una construcción de bahareque, luego del sismo los pobladores daban gran importancia a la estructura de su vivienda. La figura 2 presenta algunos detalles de la cosecha de la guadua y de la ejecución del bahareque.

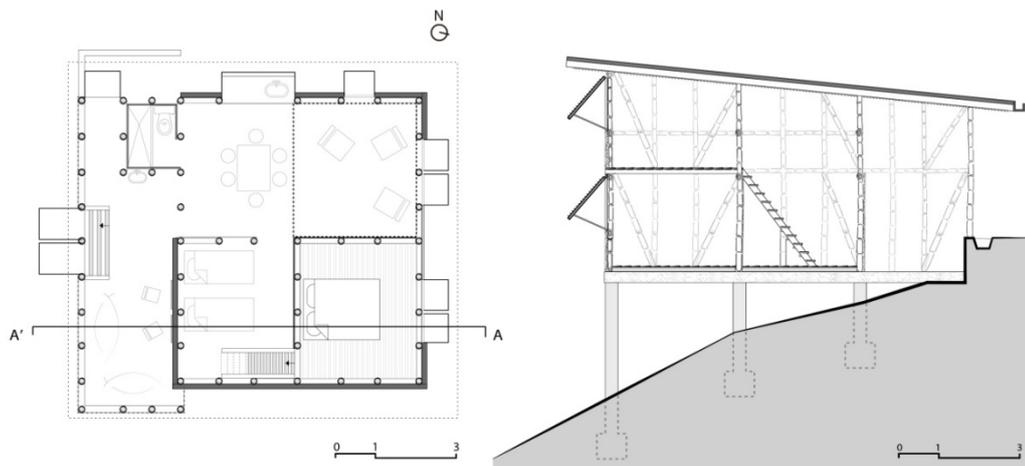


Figura 1 – Planta y corte de la casa de Meche (elaboración Ensusitio)



Figura 2. Cosecha y tratamiento (izquierda), esqueleto (centro), bareque - vista interior (derecha). (acervo Ensusitio)

3. BAREQUE DURABILIDAD Y SISMO RESISTENCIA

El terremoto dejó en evidencia el peligro de la introducción de tecnologías foráneas, como el hormigón, en lugares donde es utilizado sin asesoría técnica. Es entonces cuando el retomar los sistemas constructivos tradicionales, donde la experticia no requiere de un técnico, es una alternativa para la reconstrucción. Históricamente el bahareque en el Ecuador ha estado presente desde la época precolombina (periodo de Integración 500-1500 d.C.) en la construcción de viviendas.

La técnica más antigua que se desarrolla en el Ecuador para la construcción de paredes es un sistema que utilizó un armazón de caña o madera, unidos en una hilera compacta y luego empañetados con barro. Esto ratifica el uso del bareque, técnica que hasta hace pocos años aún era utilizada en nuestras construcciones.” (Pino, 1981, p.54)

Es entonces que el valor de esta técnica va más allá de su resistencia sísmica y pasa a ser un medio de construcción alternativo y preventivo ante futuros desastres, especialmente en aquellos lugares donde el apoyo técnico no va a llegar y se construye autónomamente. No hay que olvidar que la capacidad de sismo resistencia viene dada por su bajo peso, elasticidad y las bondades mecánicas de la GaK que permiten la disipación de energía.

El bahareque es un sistema en donde la caña funciona como el esqueleto y la tierra el revestimiento que confina y rigidiza la estructura. Es entonces que al igual que con la guadua, es importante llevar un proceso técnico adecuado de la selección del suelo, prueba de granulometría, dosificación y colocación del bahareque. En la casa de Meche se trabajó con el suelo del sector y tras algunas pruebas de sedimentación en botella, se determinó que su granulometría era altamente arcillosa y a pesar de que

es habitual que sean priorizados el empleo de la tierra del propio local donde se hará la construcción y la utilización de un solo tipo de tierra, algunas veces, la tierra resultante de una mezcla de dos o más tipos de suelo produce mejores resultados. En general, la mezcla de diferentes tipos de suelo ocurre cuando la tierra del local es muy arcillosa, o muy arenosa, y cuando la incorporación de menor cantidad de otro suelo mejora las propiedades que le hacen falta (Neves et al., 2009, p. 12)

Para el bahareque de la casa de Meche se utilizó el suelo arcilloso de su terreno y suelo arenoso de terrenos aledaños. Tanto la selección del suelo, como el entendimiento de su granulometría fueron claves en el desarrollo del taller de “buenas prácticas constructivas” (figura 3).



Figura 3. Prueba de granulometría: a) recolección de tierra; b) tamizado; c) prueba de botella (acervo Ensusitio)

3.1 Bahareque – primeros pruebas

Las primeras pruebas en escala 1:1 se realizaron en Quito con suelo traído del lugar. Se elaboró un gran panel de Gak con estructura cada 0,70 m, caña picada colocada de manera horizontal y diferentes tipos de refuerzos: sin refuerzo, con malla hexagonal y malla de tumbado¹, para, de esta manera, comprobar la sujeción de la tierra al panel. Se realizaron varias dosificaciones de suelo arcilloso, arena y fibra para tener un diseño de bahareque que no tenga dificultad en replicarse por parte de la comunidad. Como se puede observar en la figura 4a, las diferentes pruebas se encuentran en el mismo panel para verificar la eficiencia de la granulometría del suelo y el porcentaje de fibra necesario.

Una vez armado y rellenado el panel se dejaron las pruebas a la intemperie para que tanto la lluvia como el sol muestren las propiedades o defectos de cada muestra. Se concluyó que el suelo del lote de terreno, que tiene un alto contenido de arcillas, es muy reactivo al agua (arcillas expansivas), de manera que es importante reducir en gran porcentaje de este suelo añadiendo arena y fibra. Como se observa en la figura 4, se comprobó que la dosificación más adecuada es de 7:3:7 (arena:suelo arcilloso:fibra) (muestra A) ya que presenta una mezcla uniforme y con escaso porcentaje de fisuras. Mientras que la muestra B, 3:7:5 (arena: suelo arcilloso:fibra), es la menos apropiada pues

la cantidad y el tipo de la arcilla presente en el suelo, representados esencialmente por los minerales arcillosos, son responsables por los movimientos de retracción y expansión, que se observan cuando hay variación de la humedad. En los muros de tierra, los movimientos de retracción y expansión de la arcilla provocan fisuras, que pueden generar lesiones internas y/o superficiales, permitiendo la penetración del agua y la ocurrencia de manifestaciones patológicas que, consecuentemente, contribuyen para la pérdida de resistencia del material y la degradación del muro.” (Neves et al, 2009, p.10)

¹ malla que se utiliza para construir cielos rasos falsos de mortero arena:cemento

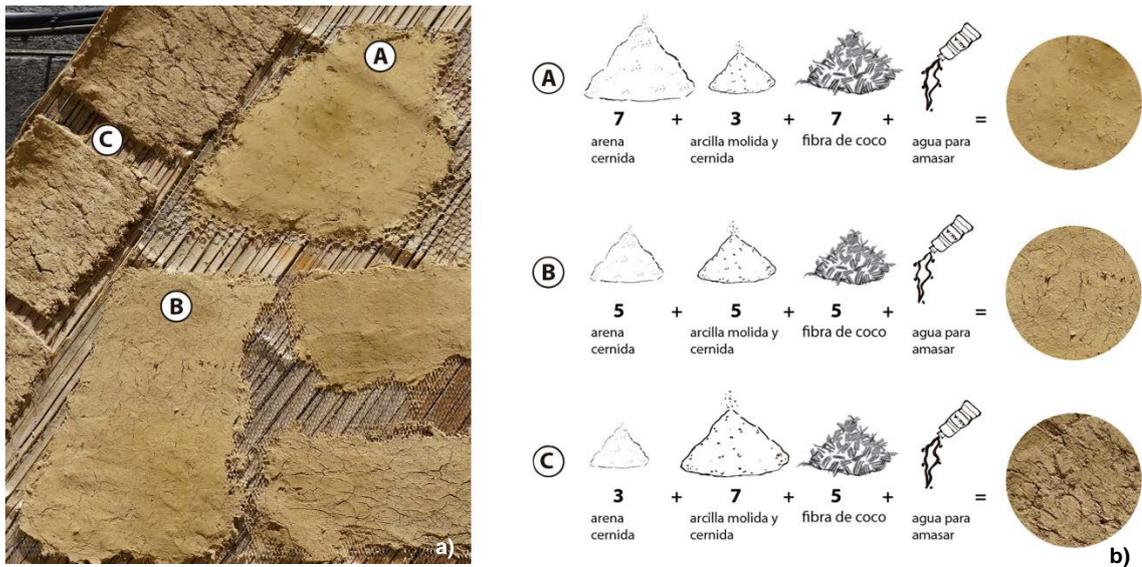


Figura 4. Pruebas: a) Panel con muestras de dosificaciones; b) Dosificaciones (acervo fotográfico y esquema elaborado por Ensusitio).

3.2 Bahareque – construcción en sitio



Figura 5. Construcción en sitio: a) colocación de caña picada; b) mezcla de tierra; c) enlucido con tierra (acervo Ensusitio)

La producción y colocación de bahareque fue compartida entre los participantes del taller y los técnicos, puesto que era importante entender las características del material y sus recomendaciones técnicas. Todo el proceso se hizo manualmente, se zarandeó la arena, se amasó el suelo arcilloso con abundante agua, se cortó la fibra de coco en tiras de 1 cm de largo y finalmente se realizó la mezcla con las manos y los pies. Para asegurar que el material no se desprenda del panel y reforzar su durabilidad, se verificaran las condiciones de la mezcla durante su colocación. Los requisitos eran: estar uniforme, sin grumos, estar húmeda y, una vez colocada, no sobrepasar 1 cm de espesor.

Por otro lado, una de las fuertes preocupaciones era la fisuración y la impermeabilización del bahareque, ya que la condición era que la tierra debería quedar vista para evidenciar la técnica y servir de referente para futuras construcciones del sector. La fisuración se controló con la dosificación apropiada (7:3:7 - arena:suelo arcilloso:fibra) y la impermeabilización se logró mediante la utilización de una solución de agua y resina industrial en proporción 1:10 (agua:resina), que fue colocada una vez que el bahareque estuvo totalmente seco. Si bien el proceso, por ser manual, es más largo y requiere de mucha gente, el conocimiento técnico que deja a los participantes del taller les permite construir de manera autónoma y segura.

La figura 6 muestra el aspecto con algunos detalles de la casa de Meche finalizada.



Figura 6. Paredes de bareque: a) vista exterior; b) Meche y su familia; c) pintura sobre bareque

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La combinación de bastidores de caña con tiras (latillas) trenzadas del mismo material y suelo arcillo-arenoso dan como resultado un elemento estructural con una capacidad de carga de, aproximadamente, 40 kgf/m. Esta capacidad de carga es suficiente para una vivienda con cubierta liviana, muy común en la costa, luces que estén entre 4,0 y 4,5 metros. Para viviendas de dos plantas, hay de considerar que el entrepiso tiene un aporte de carga mayor que una cubierta liviana, consecuentemente se deben tomar las providencias del caso, esto es, aumentar el diámetro de las cañas de planta baja o crear un sistema de columnas que, sumadas al muro de corte (bahareque), garantice la capacidad de carga requerida.

Respecto a la durabilidad de la construcción con caña, se puede observar las muchas viviendas centenarias que han permanecido y que aún continúan habitadas. Lo crítico es la falta de mantenimiento y esto está ligado con la capacidad económica de sus propietarios o por la falta de la cultura de prevención. Todos los “viejos” constructores en bahareque de guadua y tierra costeño, al igual que los estudiosos y usuarios de este material, concuerdan en lo importante de la edad de la caña, de la “luna de corte”, de su secado y del tratamiento contra el anidamiento y contaminación con insectos.

La tierra, por su parte, debe tener la granulometría adecuada y la debida dosificación para evitar fisuraciones que deterioran al bahareque, sea por ingreso de agua o de insectos.

Hay que impermeabilizar las fachadas, sea con métodos industriales o como en el presente caso por medios naturales, como la savia de árboles con que antiguamente lo hacían y como ya es casi un slogan “buenas botas y buen sombrero”, buena cimentación y aleros de cubierta que ayuden a proteger las fachadas.

Para continuar con el uso de esta técnica, es importante tener presente que, en los sectores rurales del litoral ecuatoriano, aún se continúa construyendo con bahareque o enquinchado, de manera que lo importante es tomar acciones tendientes a difundir el uso adecuado y seguro de estos materiales para que exista una práctica segura de construcción.

Dentro de las recomendaciones hay que considerar:

- Seleccionar el lugar de construcción, preferiblemente que sea alto y seco
- Seleccionar y dosificar la tierra y los materiales empleados
- Cortar las cañas con la edad necesaria y en la fase lunar recomendada
- Secar y tratar la caña
- Garantizar la adherencia del suelo a la caña
- Impermeabilizar las fachadas.
- Impedir el contacto de la caña con el suelo
- Sellar todo extremo de caña para evitar el ingreso de insectos

Estos requisitos ayudan a lograr una construcción estable y duradera. En las uniones, no hay que descuidarse, los tramos (cañutos) de caña donde van las uniones deben ser

rellenados con mortero, de esta manera se evita que al momento de fijar la unión sea con pernos, varillas, clavos de caña, etc., y no se produzcan aplastamientos o fisuras de la caña.

El valor de las construcciones muchas veces trasciende de lo económico a lo simbólico. "El barro como material de construcción ha perdido credibilidad debido al desconocimiento de sus amplias posibilidades y al prejuicio de ser considerado el material de los pobres" (Minke, 2001, p.5). Mientras se enlucían las paredes con tierra, los vecinos decían a Meche que es "la casa de cartón", "la casa de lodo", "la casa de las hoyeritas" -el pájaro que construye su nido como un horno de tierra, pajas y saliva- al principio fue a manera despectiva, sin embargo la analogía fue creciendo en confianza tanto así que Meche decidió que su peluquería (parte de la casa) se llamaría Peluquería Hoyeritas. El conocimiento ancestral de la construcción con tierra y todos los saberes populares sobre el manejo de estas tecnologías en algún momento se olvidaron, sin embargo aplicarlos nuevamente destapó una realidad: es posible y conveniente retomar estas tecnologías constructivas que demostraron ser sismo resistentes, a bajo costo y con la posibilidad de la autoconstrucción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Código NEC-SE-GUADUA (2016). Estructura de guadúa (Gak). Norma ecuatoriana de la construcción. Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Disponible en <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/NEC-SE-GUADUA-VERSION-FINAL-WEB-MAR-2017.pdf>

Minke, G. (2001). Manual de construcción para viviendas antisísmicas de tierra. Alemania: Universidad de Kessel. Disponible en http://www.itacanet.org/esp/construccion/Construccion_tierra.pdf

Neves, C., Faria, O.B., Rotondaro, R., Cevallos, P.S., Hoffmann, M. V. (2009). Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo. Disponible en <http://www.redproterra.org>.

Pino, I. del (1981). Tipologías arquitectónicas precolombinas en el Ecuador. Quito: CAE-FAU

AUTORES

Patricio Cevallos Salas, Ingeniero civil por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, asesor y consultor de construcciones con tierra y otros materiales naturales. Director de Tecnología Alternativa, miembro de PROTERRA

Enrique Villacís T., Arquitecto por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (FADA-PUCE), 2000, profesor tiempo completo de la FADA-PUCE. 2001-actualidad, profesor tiempo parcial de la Universidad Tecnológica Indoamérica (UTI) 2016-actualidad. Tutor Talleres Con Lo Que Hay, socio fundador Ensusitio Arquitectura. 2012-actualidad

María Lorena Rodríguez, Arquitecta por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador 2013, profesor tiempo parcial de la Universidad Tecnológica Indoamérica 2016-actualidad. Tutor Talleres Con Lo Que Hay, arquitecta en Ensusitio Arquitectura 2013-actualidad

Cynthia Ayarza, Arquitecta por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador 2001, asesora profesional Talleres Con Lo Que Hay, socia fundadora Ensusitio Arquitectura. 2012-actualidad