

**CONSIDERACIONES SOBRE LA NORMALIZACIÓN DE LA ARQUITECTURA
EN TIERRA EN COLOMBIA**

Estado del arte sobre las técnicas utilizadas a nivel nacional

Autor:

JESÚS ANDRÉS GÓMEZ BASTIDAS

Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA**

Modalidad: **Trabajo de Grado Investigativo**

Director:

ARQ. JAVIER BARRERA GUZMAN

FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN

FACULTAD DE ARQUITECTURA

POPAYÁN

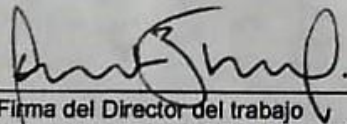
2018



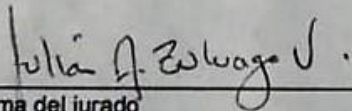
FUNDACIÓN
UNIVERSITARIA
DE POPAYÁN
35 ANIVERSARIO

NOTA DE ACEPTACION

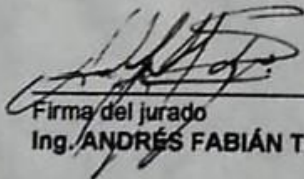
El trabajo de grado "CONSIDERACIONES SOBRE LA NORMALIZACIÓN DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA EN COLOMBIA" presentado por los estudiantes JESÚS ANDRÉS GÓMEZ BASTIDAS, para optar al título de Arquitecto cumple con los requisitos establecidos, es aprobado.



Firma del Director del trabajo
Arq. JAVIER BARRERA GUZMÁN



Firma del jurado
Arq. JULIAN ADOLFO ZULUAGA



Firma del jurado
Ing. ANDRÉS FABIÁN TALAGA SANDOVAL



Sedes administrativas: Claustro San José Calle 5 No. 8-58 - Los Robles Km 8 vía al sur
Sede Norte del Cauca: Calle 4 No. 10-50 Santander de Quilichao

Popayán, Cauca, Colombia

PEX (57-2) 8320225 | www.fup.edu.co | Fundación Universitaria de Popayán

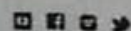


TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	5
1. JUSTIFICACIÓN	9
2. PROBLEMA	11
3. OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GENERAL	13
2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO	13
4. METODOLOGÍA	14
CAPITULO I	
ANTECEDENTES SOBRE ARQUITECTURA EN TIERRA EN COLOMBIA	16
5. MARCO TEÓRICO	16
5.1 VIVIENDA EN COLOMBIA	16
5.2 ARQUITECTURA DE TIERRA EN COLOMBIA	18
5.2.1 Región Andina	20
5.2.2 Región Caribe	22
5.2.3 Región Amazónica	23
5.3 TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA	24
5.3.1 TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA EN COLOMBIA	27
5.3.1.1 Adobe	28
5.3.1.2 Tapia	30
5.3.1.3 Bahareque	31
5.4 CONSTRUCCIONES EN TIERRA Y NORMA SISMO RESISTENTE	32
5.5 SISTEMAS ALTERNATIVOS DE CONSTRUCCIÓN	33
5.6 ESTADO DEL ARTE	34

CAPITULO II	
ARQUITECTURA EN TIERRA EN LA ACTUALIDAD	34
6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	35
7. OBRAS DE ARQUITECTURA EN TIERRA EN COLOMBIA	43
7.1 BARICHARA - SANTANDER	46
7.2 AGUADAS - CALDAS	50
7.3 VEGACHI – ANTIOQUIA	52
7.4 CASA TERRACOTA	54
7.5 CENTRO DE MEMORIA HISTÓRICA	55
7.6 CASA VERGARA	55
8. INNOVACIONES TÉCNICAS DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA	56
8.1 BTC O BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDO	60
8.2 TAPIA	61
8.3 COB	64
8.4 TÉCNICA MIXTA	66
8.5 LLENAR	67
CAPITULO III	
TÉCNICAS TRADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA Y NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NSR -10	70
9. RESISTENCIA SÍSMICA DE LAS TÉCNICAS TRADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA	75
9.1 RESISTENCIA SÍSMICA DEL ADOBE Y TAPIA	75
9.2 RESISTENCIA SÍSMICA DEL BAHAREQUE O QUINCHA	83
10. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA NSR -10 CON RESPECTO A LA ARQUITECTURA EN TIERRA	86
11. CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	94

INTRODUCCIÓN

El periodo Neolítico marcó un hito muy importante en la historia de la humanidad, los seres humanos de esta época no solamente descubrieron el fuego, la agricultura, sino que dieron un importante salto hacia la organización social; el sedentarismo les permitió no sólo establecerse en un lugar, sino que conllevó al desarrollo de aldeas, pueblos y civilizaciones enteras, que requerían entre otras cosas fundamentales, la construcción de viviendas.

Si se da una mirada al medio oriente se puede apreciar el bello legado arquitectónico de culturas como la Mesopotámica; una mirada más al entorno propio refleja que la cultura Muisca no fue la excepción. La característica común de esta arquitectura es el material empleado: La Tierra.

Así, las primeras ciudades de la antigüedad fueron edificadas teniendo como base la utilización de técnicas de tierra, mezcladas con arcilla, cal y arena que daban como resultado imponentes construcciones, templos y viviendas. Estas técnicas han perdurado por muchos siglos en diferentes partes del mundo, entre ellos, Colombia, donde puede evidenciarse el predominio del uso de este material, sin embargo, la modernidad y la aparición de otros materiales como el cemento y el hierro, han ido reemplazando paulatinamente las mezclas arcillosas. Como bien lo afirma Santiago Rivero¹

(...) estos materiales provenientes de procesos industriales se insertaron fácilmente y de manera rotunda en una sociedad en transformación gracias a que hacían parte de un sistema conformado por el mercado, la academia, la ciencia y las políticas públicas (...) las técnicas de bahareque, tapia pisada y adobe entraron en desuso no porque desde la ciencia o la academia se

¹ RIVERO BOLAÑOS, Santiago. *El uso masivo de la tierra como material de construcción en Colombia*. Revista Apuntes. Vol. 20 Núm. 2 págs. 354-363. Colombia: 2007. pág. 354.

demonstrara su ineficiencia, sino porque al no estar enmarcadas dentro del sistema fueron asociadas con la pobreza y el atraso.

En muchas regiones del país, durante la época colonial la mayoría de las construcciones fueron hechas en tapia pisada, bahareque y adobe; algunas han logrado vencer la barrera del tiempo y dar cuenta de la importancia, flexibilidad y economía que tienen este tipo de materiales, así como la pertinencia de volver sobre ellos para brindar alternativas de construcción y posibilitar la tenencia de una vivienda digna para muchas personas del país.

De esta manera, se puede afirmar que la arquitectura de tierra en Colombia permite comprender el contexto, sobre todo si se tiene en cuenta que los centros históricos del país considerados como patrimonio, obedecen a este tipo de arquitectura aunque varíen en cada región; es importante destacar la apropiación que en cada zona se ha hecho de ella, obedeciendo a una características específicas en cada lugar.

Popayán, Barichara, Cartagena, Tunja, entre otras, son una pequeña muestra de cómo la arquitectura de tierra ha sido incorporada de acuerdo al contexto. *“Las culturas constructivas tradicionales han desarrollado variantes regionales en cuya evolución tenemos excelentes apropiaciones locales que son componentes fundamentales en el desarrollo de las arquitecturas regionales. Una parte de la expresión particular de la arquitectura colombiana se mantiene “viva” en la arquitectura de tierra autóctona regional.”*²

El propósito de este trabajo por tanto, es ofrecer una mirada amplia sobre la arquitectura en tierra en Colombia a través de un estado del arte sobre las técnicas que se han utilizado y como éstas han incorporado las exigencias sobre

² SÁNCHEZ GAMA. Clara Eugenia. *La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas*. Revista Apuntes. Vol. 20 Núm. 2 págs. 242-255. Colombia: 2007. pág. 244

sismo resistencia, contribuyendo de esta manera a los estudios sobre el tema y sobre todo a destacar el papel que ha tenido la tierra como técnica de construcción amigable con el ambiente, económica y que complementada con la disciplina arquitectónica permite diseños adecuados y adaptados a la normatividad de construcción.

En Colombia, la normativa sismo resistente desde su creación en 1984, a partir del terremoto ocurrido en Popayán ha tenido dos actualizaciones una con la norma NSR 98 y otra con la NSR 10, a pesar de ello, ninguna reglamenta de forma adecuada las construcciones de tierra, por tanto, ha sido necesario que desde otros espacios se comiencen a hacer investigaciones, pues la norma sismo resistente colombiana *“está diseñada para materiales y sistemas constructivos limitados al concreto reforzado, el acero, la mampostería de arcilla cocida, o de concreto, madera, guadua y poco más, pero omite la tierra, material que se comporta de manera radicalmente diferente a esos materiales, y que se usa para sistemas estructurales que tampoco comparte con ellos.”*³

En este sentido, desde el año 2001 se vienen adelantando investigaciones que buscan conocer el comportamiento de las edificaciones construidas en tierra y así tener claridad sobre el procedimiento más adecuado para su intervención, para ello, la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica viene llevando a cabo estudios cuyo objetivo es establecer un marco normativo que pueda ser incluido en la NSR 10 y de esta manera tener un panorama más claro sobre la forma como deben tratarse este tipo de construcciones.

Finalmente, es un valioso aporte conocer los estudios realizados sobre la arquitectura en tierra en diferentes partes del país ya que como se ha venido

³ RIVERO BOLAÑOS, Santiago y DE VALDENEBRO, Francisco. *La intervención estructural en edificaciones patrimoniales construidas con tierra los vacíos en el marco normativo vigente en colombiana, sus consecuencias y nuevas perspectivas*. Sociedad Colombiana de Arquitectos: s.f. Disponible en <http://sociedadcolombianadearquitectos.org/memorias/EIP/Valdenebro.pdf>

planteando hay diferentes técnicas para su utilización y muchas de ellas varían de una región a otra, por tanto, es pertinente conocer como cada una de estas técnicas ha logrado ser incorporada en el marco normativo de sismo resistencia Colombiano.

Vale anotar que a nivel mundial la arquitectura en tierra ha venido cobrando gran importancia, por tanto, ha sido pertinente ir adaptando la normativa existente para lograr que dichos procesos constructivos estén reglamentados adecuadamente. De esta manera, retomar estas iniciativas y experiencias a nivel mundial, permitirán brindar sugerencias o alternativas sobre este tipo de arquitectura en Colombia.

Cid, Mazarrón y Cañas⁴, realizan un importante estudio sobre este aspecto de la normatividad de construcción en tierra en el mundo, cuyos aportes sirven de sustento para comprender que la arquitectura en tierra es una alternativa de construcción que viene ganándose nuevamente un espacio en las sociedades y que no obedece a una cultura o a una clase social específica, como podrá apreciarse más adelante.

⁴ CID – FALCETO, Jaime; MAZARRÓN, Fernando y CAÑAS GUERRERO, Ignacio. *Las normativas de construcción con tierra en el mundo*. Revista Informes de la Construcción Vol. 63, 523, Madrid, España: 2011. Págs. 159- 169.

1. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad y en el estado económico y social que se encuentra nuestro país, no se puede negar que darles vivienda digna a las personas más desamparadas es una ayuda de tamaño monumental, lo cual no se ha podido realizar debido a costos, entre otras cosas, además las personas no tienen una capacidad económica para realizarlo de una manera correcta, siendo esta una investigación tal que les va a permitir a ellos construir sus viviendas de una manera tecnificada y que puedan tener ayuda del gobierno ya que se pueden hacer viviendas legalmente aceptadas, con una normatividad estipulada para este tipo de técnicas, así mismo que cuenten con el aval de profesionales del tema para que sea más fácil su vinculación a planes de vivienda de interés social entre otras.

Colombia es un país en el que por sus condiciones fisiográficas es relativamente fácil conseguir tierra arcillosa y otros elementos como la madera, la paja, la cal; que constituyen la materia prima para hacer construcciones en tierra, sin embargo, en muchos contextos es fácilmente observable que se le da prioridad a otro tipo de materiales, tal vez porque se considera un método de construcción antiguo o primitivo, anacrónico con las tendencias arquitectónicas actuales o porque requiere de mayor tiempo, el cual también es más escaso en las sociedades de hoy.

De esta manera, resulta importante: primero, conocer cómo se encuentran este tipo de construcciones en Colombia, los progresos y retrocesos en la misma, que finalmente permitan plantear elementos para avanzar en un estudio sobre la recuperación de la tierra como material fundamental para construcciones alternativas y amigables con el medio ambiente, pero sin dejar a un lado un análisis normativo, que permita incluir esta técnica de construcción en una tendencia en el país, por su economía y materialidad.

Segundo, es necesario que la arquitectura permita retomar elementos y materiales que han tenido una prevalencia y connotación a través de tiempo, para establecer así una relación entre las personas y su entorno, basada en el equilibrio y el respeto.

En tercer lugar, al considerar que las tierras de Colombia no solamente son de buena calidad, sino que se pueden conseguir otros materiales, se pueden plantear opciones para hacer espacios sustentables, donde el gasto energético utilizado en la construcción es muy poco, demostrando así que es una arquitectura tanto sostenible como ecológica, que además de impactar positivamente el entorno, proporciona beneficios como la regulación de la temperatura en el interior de las construcciones, los materiales utilizados aparte de todo, son reutilizables y la mano de obra es posible conseguirse en los mismo contextos.

2. PROBLEMA

La vivienda es uno de los factores que determinan las condiciones de vida digna de una población, si bien es cierto que en Colombia existe un grave déficit de vivienda, con personas que viven en condiciones inhumanas y otros que ni siquiera pueden acceder a ella, también es importante observar otro aspecto relevante, relacionado con los tipos de vivienda y cómo éstos determinan un nivel socioeconómico o en otras palabras, de acuerdo a los enfoques de industrialización y modernidad se consideran marginales y pobres.

Muchas viviendas en Colombia no están en buen estado, pero ello no equivale a afirmar que por ser construidas con materiales diferentes a cemento y ladrillo son inadecuadas, como es el caso de las construcciones en tierra, las cuales además de ser un legado cultural de las antiguas civilizaciones, son una técnica que a pesar que esté prácticamente en desuso, contribuye notoriamente a solucionar dificultades de vivienda que existen en algunos lugares.

Sin embargo, la normatividad sismo resistente colombiana ha sido reacia a legislar con respecto a este tipo de construcciones, por tanto, la intervención de las ya existentes, así como la construcción de nuevas continúa siendo un tema bastante complicado y sin resolver de fondo en el país, pues lamentablemente, la tierra no se considera un material de construcción adecuado.

Si se tienen en cuenta el elevado déficit de vivienda que existe en el país, sumado a los nuevos retos que impone el fin del conflicto armado y la inexistencia de políticas serias que brinden soluciones reales de vivienda, la vivienda vernácula de tierra no sólo se erige como una alternativa viable sino que permitiría a muchos colombianos mejorar su calidad de vida al suplir una necesidad básica que se encuentra insatisfecha.

La vivienda vernácula en tierra permite disminuir costos al utilizar elementos del entorno en sus construcciones, es de fácil apropiación y contribuye al sostenimiento ambiental, en tanto disminuye el impacto que genera otro tipo de construcciones. Así, la arquitectura en tierra se puede consolidar como una oportunidad para dar respuesta rápida y eficiente a las necesidades arquitectónicas ya existentes y otras que se están creando en los diferentes lugares del país.

Como sistema de construcción alternativo, la arquitectura de tierra ofrece economía para las familias, empero, en el mercado se le ha dado mayor prioridad a los sistemas constructivos mal llamados tradicionales (ladrillo, concreto), llevando a que este tipo de construcciones pierdan espacio, caigan en desuso o sean vistos como una arquitectura para pobres y vulnerables.

Ello se corrobora en el ámbito normativo colombiano, que no reconoce estos sistemas alternativos como estructuralmente resistentes, por ello, se requiere adelantar investigaciones que permitan darle la importancia que tienen para que sean incluidas dentro del espectro de los sistemas sismo resistente y reconocido por la NSR 10.

Muchas construcciones en tierra cumplen con las exigencias de sismo resistencias, pero al estar excluidas de la norma pierden interés o no son tenidas en cuenta; en la medida que la normatividad las incluya será posible iniciar un camino hacia construcciones en tierra y se les dé el grado de relevancia que tienen para que dejen de ser vistos como anacrónicas.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estado del arte de las técnicas constructivas en tierra a partir de los tipos constructivos existentes en diferentes zonas del país, con el fin de identificar las fortalezas, limitaciones y aportes que brinda el uso de este material.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los antecedentes sobre la arquitectura en tierra en Colombia, las variantes regionales y sus principales usos a partir de recorrido histórico y sociocultural, con el fin de evaluar sus orígenes y formas de apropiación del material en diferentes contextos.
- Analizar la utilización de la arquitectura en tierra en la actualidad para validar su reutilización, los alcances y proyección hacia el futuro como técnica constructiva.
- Establecer la pertinencia de reutilizar técnicas tradicionales de construcción a la luz de la Norma Técnica Colombiana NSR -10 y realizar recomendaciones al respecto.

4. METODOLOGÍA

El método de esta investigación corresponde a un estudio descriptivo, ya que se estudia un fenómeno a partir de una problemática contextual como son las técnicas de construcción en tierra en diferentes lugares de Colombia, el cual sirve de fundamento para otros estudios. De acuerdo a Salinero *“los estudios descriptivos parten de la observación y no se manipula el factor de estudio”*⁵ En este sentido, se pretende analizar investigaciones y estudios relacionados con la arquitectura de tierra que permitan la realización de un estado del arte sobre el asunto en cuestión. Este método de investigación es útil y contribuye a precisar los fines del estudio, a través de la valoración documental existente.

ENFOQUE

Puede definirse esta investigación como cualitativa, toda vez que se evalúa el fenómeno estudiado, se hace la valoración de antecedentes, es decir, revisión de información existente sobre sistemas y técnicas de construcción en tierra, no sólo se limita a la recolección de datos, sino también al análisis de los mismos. A partir de la información obtenida se busca plantear recomendaciones que sirvan de referencia para estudios alternos.

⁵ SALINERO, Julia. *Estudios Descriptivos*. Revista Nure Investigación. No. 7. 2014 Disponible en: <http://webpersonal.uma.es/de/jmpaez/websci/BLOQUEIII/DocbIII/Estudios%20descriptivos.pdf>

FUENTES PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Solamente se hará uso de fuentes secundarias como: Planes de desarrollo nacionales, libros, revistas, artículos, páginas web, trabajos de grado, gráficas e investigaciones.

PROCEDIMIENTO

El proyecto comprende tres fases: la primera denominada formulación del problema, en la que se define la pregunta para determinar la pertinencia de realizar un Estado del arte sobre las técnicas utilizadas de arquitectura en tierra a nivel nacional. La segunda etapa es la construcción del modelo teórico – metodológico que permite validar la reutilización de la arquitectura en tierra. La tercera, corresponde a establecer si es pertinente reutilizar técnicas tradicionales de construcción para conocer cuáles pueden responder a las exigencias de la construcción sismo resistente NSR -10.

Como se mencionó anteriormente, las 3 fases serán descritas a continuación.

FASES

Fase 1: Corresponde a la recolección de información y revisión de antecedentes por parte del investigador

Actividad 1: Selección de bibliografía

Actividad 2. Revisión de antecedentes

Fase 2: Analizar la información obtenida:

Actividad 1: Análisis sobre la pertinencia de reutilizar la arquitectura en tierra como técnica constructiva a partir de los hallazgos encontrados en el recorrido histórico y socio cultural del patrimonio contextual colombiano.

Fase 3: Realizar recomendaciones a partir de la pertinencia de reutilizar técnicas de tradicionales de construcción de acuerdo a las exigencias que determina la norma de sismo resistencia NSR- 10.

CAPITULO I

ANTECEDENTES SOBRE ARQUITECTURA EN TIERRA EN COLOMBIA

5. MARCO TEÓRICO

5.1 VIVIENDA EN COLOMBIA

La vivienda es una de las necesidades básicas que tiene el ser humano, la cual ha sido suplida a través del tiempo de diversas maneras, con diversidad de materiales, no sólo como respuesta a una determinada cultura y contexto, sino también a una estructura social, por ello, en países como Colombia es común encontrar en un mismo espacio geográfico construcciones de todo tipo: guadua, madera, bahareque, adobe, ladrillo, tapia pisada, materiales reciclados, entre otras.

Hasta comienzos del siglo XX se puede afirmar que la mayoría de las construcciones del país estaban basadas en la tierra y sus técnicas derivadas, sin embargo, con la llegada de la industrialización al país aparecieron nuevos materiales que fueron desplazando el uso de arcillas y de algún modo subvalorando este tipo de construcciones. En muchos lugares el ladrillo, cemento y acero irrumpió con tal fuerza que algunas construcciones fueron demolidas bajo el pretexto de estar desactualizadas o ser de una época pasada.

En Colombia como en los demás países que se vinculan tardíamente a la modernidad, esta situación se comienza a vivir en la mitad del siglo XX en forma dramática, por los efectos de la masificación de las necesidades a que da lugar el acelerado proceso de urbanización que se inicia con fuerza en estos años. Dentro de la visión del mundo que en ese momento estaba vigente como imaginario colectivo, el Estado es el responsable de llevar a la sociedad al desarrollo, el que a

su vez se concibe como una especie de réplica del mundo que ya han logrado crear los países desarrollados y al que sólo se llegará si se emula el ejemplo de estos.⁶

En contraste con este fenómeno industrializador y de explosión de urbanismo surge un proceso antagónico en el país, miles de familias que migran del campo a las ciudades en busca de mejores condiciones de vida, comienzan a ubicarse en las periferias urbanas, creando asentamientos ilegales e improvisados, que generan coadyuvan a ver la vivienda en Colombia como un problema.

Aunado a lo anterior, como lo afirma Gilberto Arango⁷ en Colombia el déficit de vivienda debe verse desde el aspecto cuantitativo y cualitativo:

Para dar una idea integral de la dimensión del problema de la vivienda en Colombia, se debe combinar la mirada cualitativa con la cuantitativa. El déficit cuantitativo es el que resulta de dividir el número de hogares por el número de viviendas disponibles, mientras que el déficit cualitativo hace referencia al estado de la vivienda, en relación con determinadas cualidades o atributos prefijados como mínimos necesarios para toda vivienda. En Colombia sólo se consideran los atributos “de puertas para adentro”, sin tomar en cuenta los atributos del entorno.

Esto permitiría entender con mayor claridad lo que se ha venido planteando en torno a que se asocian ciertos atributos de las construcciones de las viviendas colombianas, desconociendo otros elementos que son importantes y con base a esas cualidades se estratifica o estructura la sociedad, lo cual, conlleva a que se tenga la concepción que viviendas con ciertos atributos, acordes con las nuevas tendencias de construcción son mejores o reflejan una condición de vida elevada.

⁶ ARANGO, Gilberto. *La vivienda en Colombia en el cambio de siglo: herencias y retos*. Universidad Nacional: 2001. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/9830/1/gaeVivCol.pdf> pág. 3

⁷ *Ibíd.* pág. 6

5.2 ARQUITECTURA DE TIERRA EN COLOMBIA

La arquitectura de tierra en Colombia puede fijarse en épocas remotas, de acuerdo a Clara Eugenia Sánchez,⁸ importantes culturas, como la Muisca comenzaron a construir sus viviendas en bahareque con techos de paja, especies de bohíos, posteriormente con la llegada de los españoles a este territorio se continua con la tradición de construcciones de bahareque, adobe y tapia con nuevas adecuaciones y formas, logrando así pervivir durante varios siglos.

Estas se construían utilizando un recubrimiento en la estructura entretejida de caña, palos y/o guaduas, fue una amalgama de barro, boñiga y paja; una armazón con madera o guadua insertados directamente sobre el terreno y entrelazadas por bejucos; a manera de muros se iba armando una pared con elementos verticales u horizontales de guadua o madera delgada conformando una especie de encofrado el cual se rellenaba y luego se le aplicaba un pañete de barro

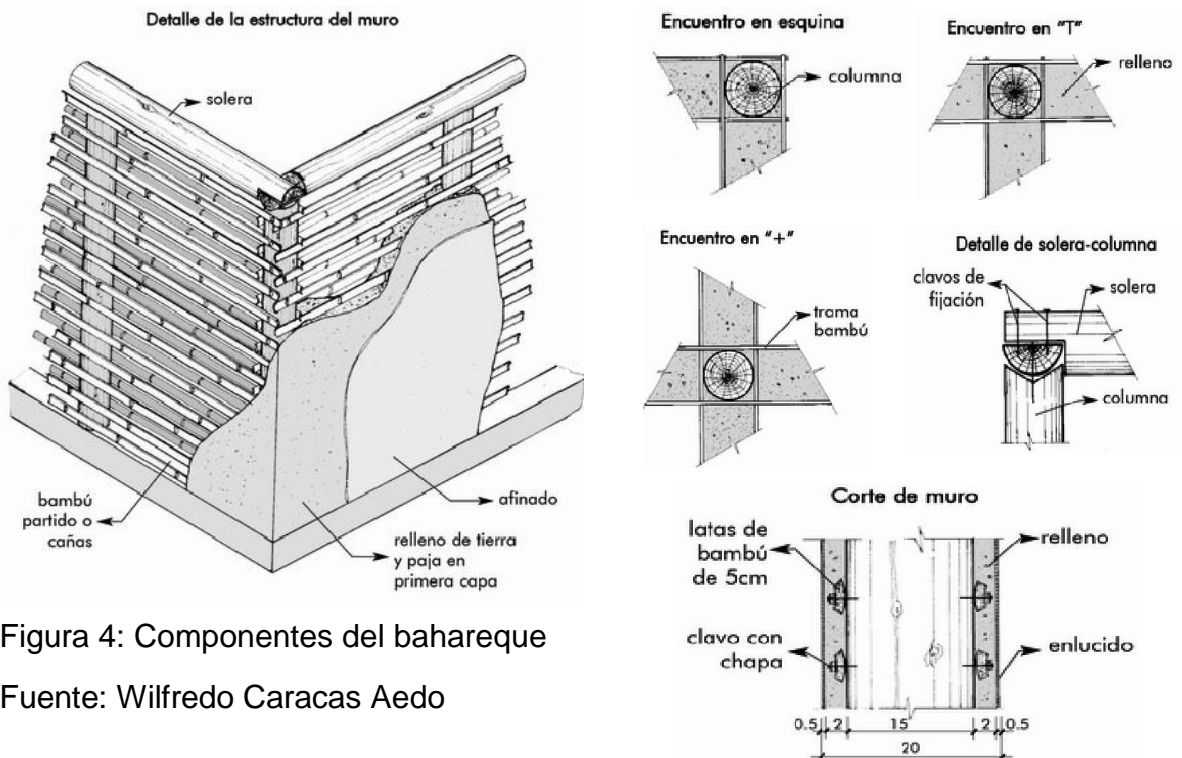


Figura 4: Componentes del bahareque

Fuente: Wilfredo Caracas Aedo

⁸ SÁNCHEZ GAMA, Clara Eugenia, Op.Cit.

La mayoría de edificaciones construidas en bahareque que aún persisten, tienen un estado de deterioro debido al impacto de la humedad en el barro, así mismo por no utilizar mezclas adecuadas para una eventual restauración.

En los siglos XVII y XVIII la tapia pisada se convierte en el material popular; se utiliza en los muros de templos, casas y haciendas. Se presenta también una utilización mixta del adobe y la tapia, (...) En la arquitectura doméstica se usan los materiales de menor costo y, para las edificaciones civiles y religiosas la tierra, se emplea combinada con la piedra y el ladrillo. En los muros el ladrillo se pega con barro, técnica que se mantiene en el siglo xx en los departamentos del Valle del Cauca y Cauca (...) ⁹



Figura 5: Casa Familia Rodríguez Tausa
Fuente: Clara Eugenia Sánchez

Durante mucho tiempo, el adobe y la tapia ocuparon un preponderante lugar en la arquitectura colonial, sin embargo, parafraseando a Sánchez, en el siglo XIX, se “redescubre” el bahareque, pasando éste a ser una técnica apetecida, sobre todo después de los temblores que se presentaron a finales de este siglo, por tanto, se puede afirmar que las construcciones en adobe bahareque y tapia pisada son un legado histórico donde se mezcló el saber indígena con el de los colonizadores, dejando para la posteridad vestigios que pueden observarse en diferentes partes del país, tanto en espacios urbanos en donde están incluidos los sectores históricos, como en espacios rurales.

⁹ Ibíd. pág. 242

De acuerdo a los materiales en diferentes zonas del país, se puede hacer una radiografía de las construcciones en tierra más sobresalientes, pues, continuando con el estudio de Sánchez, estas edificaciones obedecen a unas características de los entornos, las cuales han ido paulatinamente configurándose de acuerdo a estos y hacen parte de una expresión arquitectónica nacional.

5.2.1 Región Andina

Como se ha venido planteando, en unas regiones del país, sobresalen más unas técnicas que otras de la arquitectura de tierra. Para la región Andina se puede decir que se encuentran conjugados las tres técnicas más sobresalientes que son el bahareque, el adobe y la tapia, distribuidas así: *“en los altiplanos Cundiboyacense, Payanense y Nariñense se presenta predominio del adobe. En el altiplano de los Santanderes hay predominio de la tapia, así como en el Macizo Antioqueño. En la región Andina a lo largo de las riberas de los ríos Magdalena y Cauca se desarrolla el bahareque, así como en la zona de colonización Cafetera.”*¹⁰

- Tipos de muros que se pueden realizar en adobe



Primera hilada e hiladas impares



Primera hilada e hiladas impares



Aparejo de cabeza simple con detalle de la traba y amarre en esquina



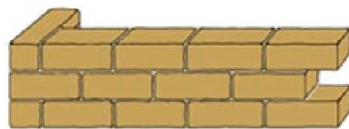
Segunda hilada e hiladas pares



Segunda hilada e hiladas pares



Sistema inglés



Muro simple de adobe en soga con detalle de traba o aparejo y amarre de esquinas



Muro de adobe en sistema flamenco con detalle de trabas y amarre en esquina



Sistema holandés

¹⁰ SÁNCHEZ GAMA, Clara Eugenia; MONTOYA GALVIZ, Juanita; VARGAS, Jenny; MARTÍNEZ, Ricardo y DELGADO, Mario. *Arquitectura de la vivienda vernácula colombiana en adobe y su relación con la norma sismo resistente*. En: Características Físicas y de Habitabilidad del Adobe en el Altiplano Cundiboyacense. Bogotá: 2005. pág. 4

Figura 6: Aparejo u ordenamiento de adobes y ladrillos en construcción
Fuente: Universidad Nacional de Ingenierías-Nicaragua

- **Muros de tapia pisada**

La técnica consiste en rellenar un encofrado con capas de tierra de 10 a 15 cm compactando cada una de ellas con un pisón. El encofrado está compuesto por dos tablonces paralelos separados, unidos por un travesaño. En francés esta técnica se denomina Pise de terra o terre pise

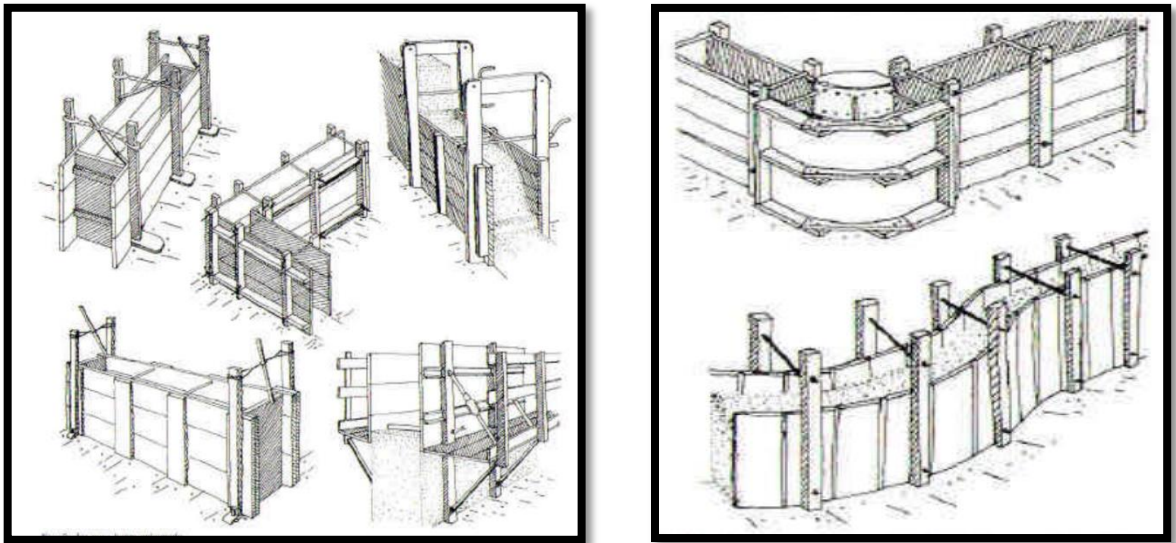


Figura 7: Tapial

Fuente: <http://www.caminosostenible.org>



Figura 7: Casa en Adobe, zona rural Ramiriquí.
Fuente: María Camila Ramos, 2016

A pesar del gran impacto que el adobe y otros materiales ha tenido en estas zonas del país, poco a poco ha sido reemplazado por técnicas modernas, dejando de lado este tipo de arquitectura tradicional, en esto ha influido bastante la exclusión que se ha hecho de estas técnicas en la normatividad de sismo resistencia que existen en el país, lo cual ha llevado a que las personas se inclinen más por aquellos materiales como el cemento y acero que están reglamentadas y que este tipo de construcciones sean visto como anacrónicos o antiguos, a pesar de que desde el punto de vista estructural cumplan con requisitos acordes a las normas de sismo resistencia.

5.2.2 *Región Caribe*

En esta parte del país, sobresale una técnica que es la construcción con bahareque, a partir los estudios realizados se encuentra que en lugares como la Guajira, las rancherías de los Wayuu y la Sierra Nevada de Santa Marta, se evidencian muros construidos con esta técnica, la cual presenta diversas formas de utilización, como es el caso de Sucre, Córdoba y Bolívar.



Figura 8: Casa de bahareque Wayuu, Alta Guajira

Fuente: @otachi13, 24 de agosto del 2014

(...) las características tecnológicas de la arquitectura de la vivienda relacionadas con la arquitectura de tierra se presentan fundamentalmente en las paredes, en la denominada *cerca*. Los sistemas para construir la cerca son *vara parada, rejilla o trabilla y embutido*. Es frecuente que se encuentre un mayor uso de alguno de ellos en ciertas zonas, asociado a una mayor complejidad y desarrollo del sistema de acuerdo con la subregión. Al analizar estos sistemas se observa que están compuestos por una estructura principal y un sistema complementario, en materiales como maderas y cañas, que responden adecuadamente a las solicitaciones estructurales necesarias, es decir, son resistentes y flexibles.¹¹

La elección de estos materiales en esta zona del país, está en relación con el clima, es decir, el bahareque y las fibras naturales que se utilizan en su diseño, así como otros complementarios como es la palma, han sido los más utilizados por las características bioclimáticas, pues permiten una mayor circulación del calor y el airea convirtiendo estos en espacios frescos, propicios para soportar las altas temperaturas.

Las altas temperaturas de la región han podido soportarse por las características bioclimáticas de las casas y los conjuntos de casas de bahareque y palma. Las casas de palma, como se les conoce, separadas entre sí para aprovechar el paso del viento y acompañadas de la frondosa vegetación vecina, conforman entornos confortables (...) La casa de palma clásica, es un sistema mixto de poste y viga, con muros divisorios de bahareque de caña parada, cuasi aislados éstos de la estructura de la casa y son los que definen los espacios de la casa.¹²

Por ende se puede afirmar que la elección de este tipo de técnicas en tierra ha obedecido más a una necesidad climática que han podido conjugar con otros elementos del medio.

5.2.3 Región Amazónica

De acuerdo a Sánchez Gama:

¹¹ SÁNCHEZ GAMA, Clara Eugenia. Óp. Cit.

¹² MOGOLLÓN SEBA. Jaime. Bahareque caribe. Cultura bioclimática local. S.F. Disponible en: <http://www.worldbamboo.net/3cmb2016/Jaime%20Mogoll%C3%B3n.docx.pdf>

En la Región Amazónica es particularmente sintomático no contar con mayor evidencia arqueológica de la cultura material prehispánica, dadas las condiciones de humedad tropical. Sin embargo por la revisión de edificaciones allí, en años recientes, en la zona de influencia de los 5 Cubeos, sobre el río Vaupés y de los Curripacos en el río Guainía se observa una expresión arquitectónica, como resultado de la evolución de una arquitectura local de bahareque.¹³

Al igual que en la región caribe la técnica de arquitectura de tierra que ha sobresalido en esta parte del país ha sido el bahareque. La información existente para abordar este aspecto, es bastante escasa, pero de acuerdo a la revisión bibliográfica se conoce que los indígenas de diferentes partes del Guanía y del río Vaupés aún lo utilizan en sus construcciones, por ende, se puede afirmar que en la región amazónica el bahareque no ha caído en desuso, sino que su utilización permanece vigente, como respuesta a las necesidades de vivienda que tiene la población indígena especialmente.

5.3 TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA

Las construcciones en tierra ocupan un lugar de preponderancia en la historia de la humanidad, su uso data de miles de años atrás, como dan fe las innumerables construcciones que existen alrededor del mundo, de diversidad de formas, tamaños, materiales y técnicas.

¹³ SÁNCHEZ GAMA, Clara Eugenia y Otros. Óp. Cit. Pág. 4



6 Figura 13: Arquitectura de tierra alrededor del mundo
Fuente: CRAterre.org

La corporación de desarrollo tecnológico de Chile ha clasificado cuatro técnicas que son: El adobe, el tapial, la técnica mixta y la Mampostería de tierra asentada en barro, al respecto en el Manual sobre tierra se define así:

Adobe: Se trata de bloques de barro mezclado con paja y secados al aire. Montando hiladas con ellos se construyen los muros, pilares y contrafuertes, que componen la estructura principal de una edificación. El Tapial, o tierra apisonada, es simplemente barro compactado por capas en moldes hasta componer una sola masa continua de la altura y espesor deseados. (...) La Técnica Mixta usa la madera como estructura y el barro como relleno y recubrimiento (...) sistema constructivo es muy versátil desde el punto de vista del diseño, ya que la madera como estructura entrega muchas posibilidades. La Mampostería de Piedra Asentada en Barro utiliza la masa de la piedra como estructura y el barro como aglutinante. Este sistema es el que probablemente implica un mayor desafío a la tecnología moderna a la hora de restaurar o reparar, porque la piedra generalmente no está confinada cuando se trata de muros.¹⁴

Por otra parte, Bestraten, Hormías y Altemir plantean como técnicas actuales de construcción el tapial, BTC o bloque de tierra comprimida, adobe y Cob. De acuerdo a ello exponen lo siguiente:

La técnica del tapial se define como tierra amasada y apisonada en un encofrado para formar muros monolíticos (...) El bloque de tierra comprimido se caracteriza por ser un paralelepípedo de tierra que se prensa mecánicamente, suele llevar una pequeña proporción de cal o cemento y se deja secar al aire para formar

¹⁴ CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO. Evaluación de Daños y Soluciones para Construcciones en Tierra Cruda. Manual de Terreno. Chile: 2012.

muros de fábrica. (...)El adobe se basa en una masa de barro, frecuentemente mezclada con paja, moldeada con forma prismática, de tamaño variable y secada al aire para formar muros de fábrica (...) La técnica del cob consiste en una masa de barro y abundante paja que se apila y moldea a mano para formar muros monolíticos. La composición del material es parecida al adobe, pero el moldeado se realiza directamente en el muro sin previo confinamiento en un paralelepípedo.¹⁵

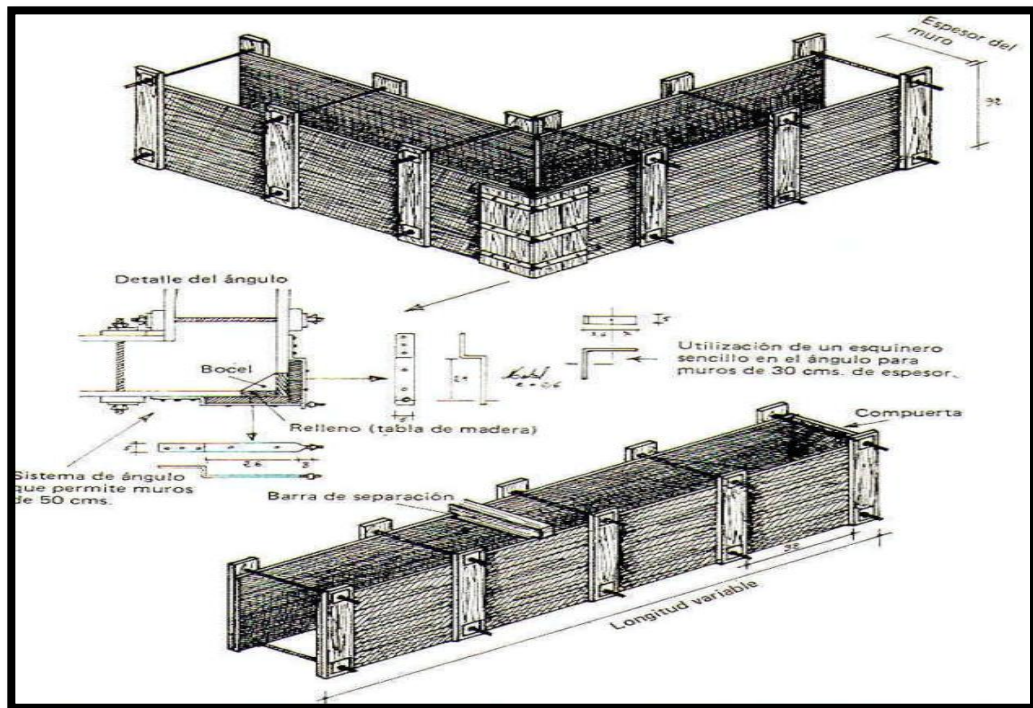


Figura 14: Formaleta tradicional
Fuente: Earth Wall construcciones por G.F

¹⁵ BESTRATEN, Sandra; HORMÍAS, Emilio y ALTEMIR, Anna. *Construcción con tierra en el siglo XXI*. Revista Informes de la Construcción. Vol. 66 No. 523., págs. 5-20 España: 2011.

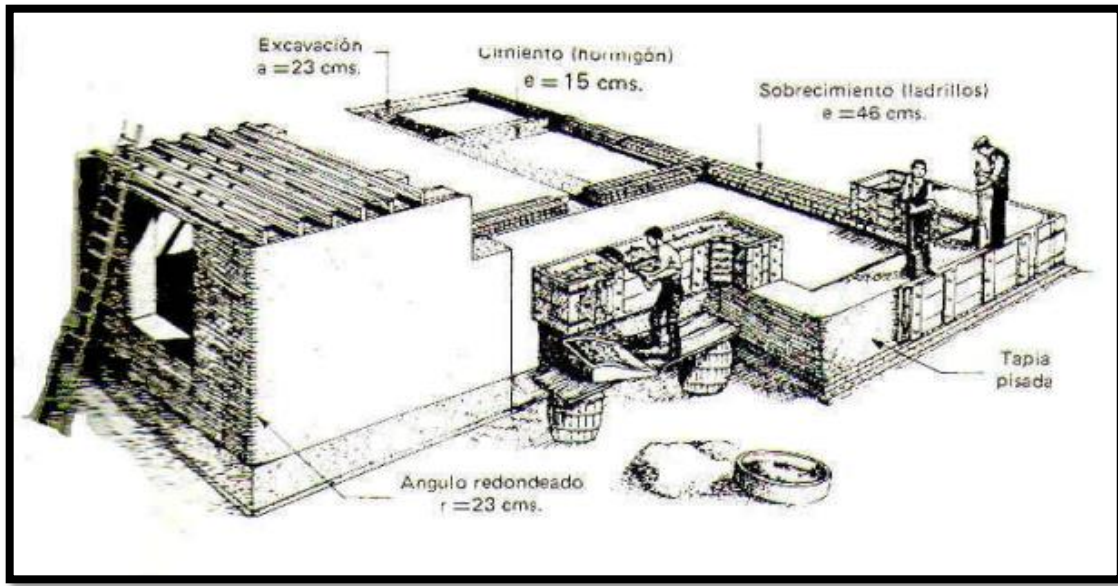


Figura 15: Construcción de vivienda con tapia pisada
 Fuente: Earth Wall construcciones por G.F

De acuerdo a lo que exponen los autores se puede afirmar que las técnicas de construcción en tierra no solamente están vigentes, sino que han evolucionado incorporando tecnología y adecuándose a los cambios del mundo, para hacer parte de las formas de construcción actuales, prácticamente disputando un lugar al lado de los sistemas de construcción contemporáneos que en épocas atrás los desplazaron.

5.3.1 TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA EN COLOMBIA

La arquitectura en tierra en Colombia es un proceso que está mediado por saberes históricos herencia de los antepasados y que ha perdurado a través del tiempo, introduciéndosele cambios y adecuándose a las necesidades, normatividad y características propias de cada entorno donde se desarrolla. Si bien es cierto para muchos, es una técnica de construcción “pasada de moda”, en las actuales condiciones de cambio climático que se encuentra el mundo, muchos

arquitectos están volviendo su mirada hacia este tipo de construcciones como una alternativa para mantener el equilibrio entre naturaleza y ser humano.

En el país, las técnicas de construcción en tierra más sobresalientes se pueden clasificar en tres: Adobe, Tapia y Bahareque, cada una de ellas, se ha adaptado a los contextos y también a otro tipo de condiciones ambientales y geográficas, el predominio de los materiales en unas regiones más que en otros, y la conservación de edificaciones también ha llevado a que en muchos lugares se consideren como parte del patrimonio inmueble.

5.3.1.1 Adobe

Es una técnica muy conocida en el país, y es lo más similar a un ladrillo de los que se conocen en la actualidad, de acuerdo a Marcela Gonzáles *El adobe es un ladrillo de barro (mezcla entre tierra y suficiente cantidad de agua) capaz de aumentar la plasticidad del material para moldearlo en unos pequeños cubículos o moldes de veinte o veinticinco centímetros de longitud por ocho de alto, por doce de ancho aproximadamente. Las medidas de los ladrillos dependen también de la medida de las manos de los trabajadores*¹⁶



Figura 7. Técnica de Adobe
Fuente. Ecoportal.net

Los bloques de barro moldeados son secados al sol, quedando perfectamente dispuestos para construir muros y cualquier otro tipo de estructuras, a diferencia

¹⁶ GONZALES REYES, Marcela. *Estado actual de la investigación en arquitectura hecha con tierra en Colombia*. En: Revista Tekne No. 11 págs. 54 -63 Bogotá: 2013 pág. 56

de los ladrillos de la actualidad, los adobes son pegados con otro tipo de materiales derivados de la tierra, sin embargo su uso es amplio.



Figura 8. Detalle pared

en adobe Popayán

Fuente. <http://popayancity.blogspot.com.co>

Lo anterior, se puede complementar con el estudio de Gama y Otros, quien plantea que el adobe es una forma de arquitectura vernácula tradicional en el país, especialmente de zonas del altiplano, en ellas se encuentran no solamente, viviendas, sino también haciendas y otro tipos de edificaciones de carácter civil y religioso, prueba de ello son los lugares como Popayán y Tunja que se destacan por contener este tipo de construcciones.

5.3.1.2 Tapia



Figura 9. Construcción en tapia pisada
Fuente. <http://tapiapisada.blogspot.com.co>

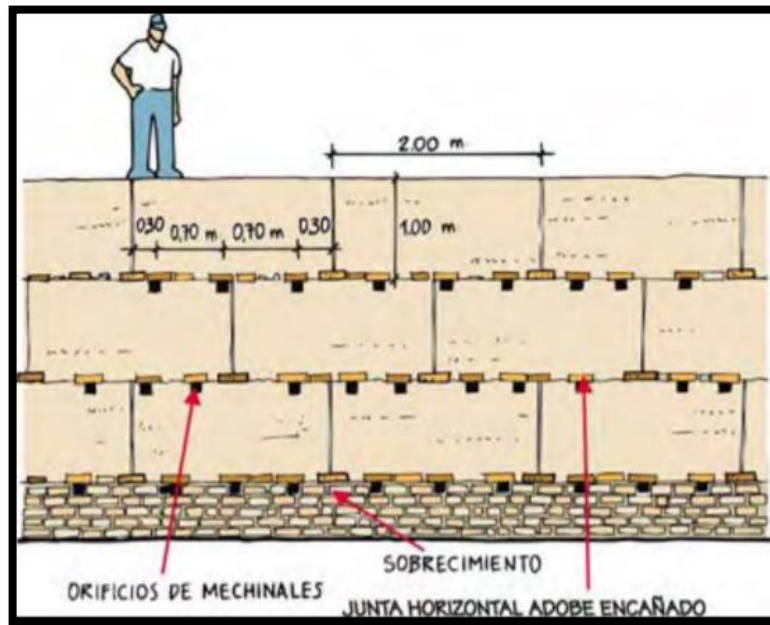


Figura 10: Tapia Pisada
Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica –AIS- 2014

Gonzales en su investigación define la tapia como una técnica que se basa en la “compactación de tierra en moldes de aproximadamente un metro o metro y medio de longitud por setenta centímetros de altura y cuarenta o cincuenta de fondo. La tierra se compacta por un pisón manual, en tongadas o capas de unos diez o

veinte centímetros. La máxima capacidad de compactación depende del tipo de tierra y se establece con el ensayo de Próctor o Próctor modificado.”¹⁷

Para Luis Fernando Guerrero Baca¹⁸ *“se trata de un sistema en el que la transformación del suelo y la edificación constituyen un mismo proceso”* por tanto los elementos seleccionados como materia prima y el trabajo son fundamentales para lograr un buen proceso, ya que las arcillas seleccionadas son las que le dan consistencia a la construcción, además se deben tener en cuenta otros factores como la humedad del suelo, ya que a diferencia del adobe, la tapia pisada no sufre el mismo proceso que los adobes, por lo tanto la plasticidad en ambos es totalmente distinta.

Existen muchas maneras de realizar muros de tapial, aunque la diferencia básica entre cada método está en función de las características de la cimbra o encofrado que se utiliza. Normalmente estos moldes hechos de madera mediante tabloncillos reforzados por barrotes, miden entre 1.5 y 2.5 metros de largo por 80 centímetros de alto y 45 de ancho. Sin embargo, al igual que sucede con los adobes, estas dimensiones varían dependiendo de las tradiciones locales.¹⁹

5.3.1.3 Bahareque

En la investigación de los estudiantes de arquitectura de la Universidad San Buenaventura se define el Bahareque como: *“un sistema de construcción de viviendas a partir de palos o cañas entrelazados y barro. Esta técnica ha sido utilizada desde épocas remotas para la construcción de vivienda en pueblos indígenas de América. Un ejemplo es el bohío, vivienda muy usada por amerindios, principalmente en Colombia y Venezuela.”²⁰*

¹⁷ *Ibíd.*, pág. 55

¹⁸ GUERRERO BACA, Luis Fernando. *Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva*. Revista Apuntes Vol. 20 No. 2 págs. 182 – 201 México: 2007, pág. 193.

¹⁹ *Ibíd.*, pág. 195

²⁰ LÓPEZ CORREA, Julián Esteban; MARTÍNEZ MONTOYA, Julián David y VELÁSQUEZ PORRAS, Diego León. *Técnicas ancestrales de Construcción* (Trabajo de Grado) Universidad San Buenaventura. Medellín: 2014

Debido a la utilización de otros materiales como caña, bambú o guadua, junto con fibras vegetales, se aborda como un sistema de construcción mixto, en el que se incorporan elementos autóctonos de las regiones; su aplicación depende sobre todo del tipo de tierra, del estado en el que se encuentra y del resultado que se pretende lograr.

Hoy en día la arquitectura de bahareque sigue siendo ampliamente utilizada sobre todo 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. Además, este sistema constructivo genera estructuras sumamente livianas que para el caso de terrenos con baja capacidad de carga resulta una excelente solución.²¹



Figura 10. Construcción en Bahareque Barichara Colombia
Fuente. <http://baricharamonumento.blogspot.com.co>

²¹ GUERRERO BACA, Luis Fernando. Óp. Cit., pág. 197

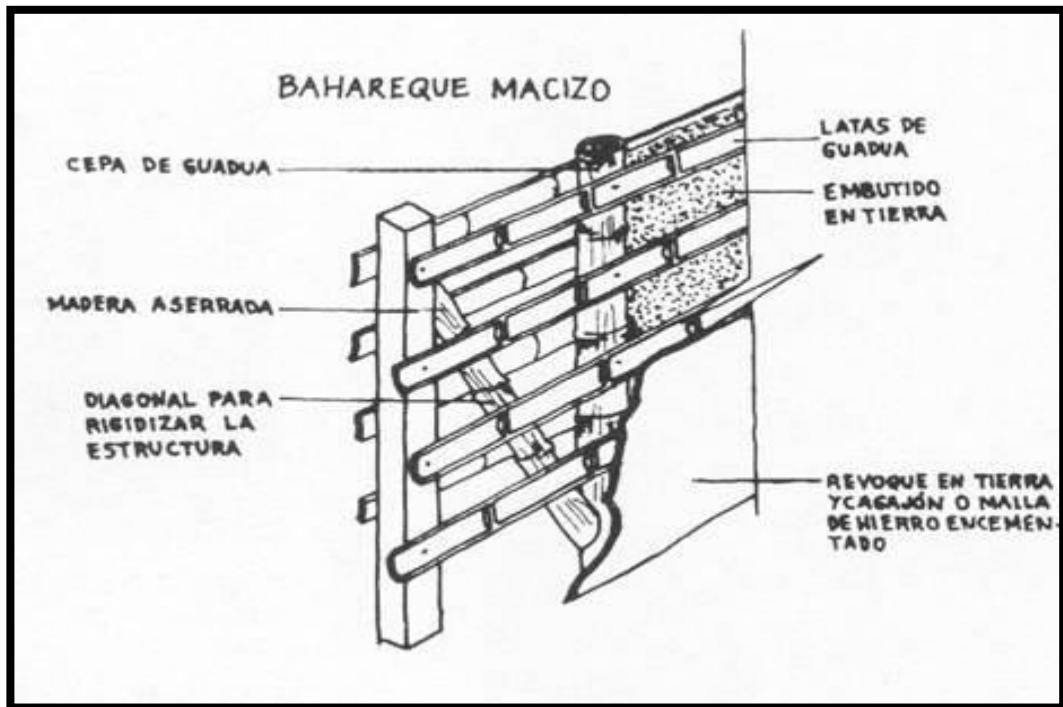


Figura 11: Construcción en bahareque
 Fuente: arq. Juan manuel sarmiento nova, julio 2014

5.5 SISTEMAS ALTERNATIVOS DE CONSTRUCCIÓN

La arquitectura en tierra al ser considerada como un sistema de construcción vernáculo, es por tanto un sistema alternativo y por tanto es producto de la satisfacción de las necesidades que los seres humanos han buscado suplir a través del tiempo. De acuerdo a esto, Alfredo Lozano Lozano, expone que *“en la construcción se ha tratado de optimizar en cuestiones de tiempo y economía por lo que no es de extrañarse que los nuevos materiales y sistemas de construcción se hayan convertido en una opción muy atractiva en tiempos actuales con respecto a los tradicionales que generan mayores costos, afectaciones ecológicas por usar*

*materiales no respetuosos del medio ambiente, más tiempo para ejecutar la obra, menos calidad en cuanto a materiales y mano de obra.*²²

Así, los sistemas alternativos de construcción como es la arquitectura de tierra pueden permitir a las personas el acceso a una vivienda digna y con ello la mejoría en su calidad de vida, en tanto, son sistemas más económicos, en los cuales puede aprovecharse lo que la naturaleza ofrece y además, hacen más fácil el transporte, la mano de obra y la complementación de otros insumos vegetales, como es el caso del bahareque, que fácilmente pueden dar solución a una eventualidad, sobre todo en aquellas zonas distantes de los centros urbanos que se ven marginadas a construir con cemento y ladrillo por los enormes costos que les implica el transporte de estos materiales.

5.6 ESTADO DEL ARTE

Construir un estado del arte, es una pieza fundamental en cualquier investigación que se pretenda realizar, ya que a partir de este, se pueden afianzar no solamente los conocimientos, sino también conocer de forma más cercana el objeto de estudio.

El estado del arte además de permitir conocer cómo ha sido abordado un tema, debe conllevar al investigador a asumir una postura frente al objeto estudiado, plantear críticas, análisis u aportes que conlleven a generar debate o robustecer una investigación, así mismo, permite que surjan nuevos planteamientos e hipótesis a partir de un detallado estudio del problema.

“El estado del arte proviene originalmente del campo de la investigación técnica, científica e industrial y significa, en pocas palabras, la situación de una determinada tecnología. Lo más innovador o reciente con respecto a un arte específico. Esta noción ha pasado a los estudios de investigación académica

²² LOZANO LOZANO. Alfredo. *Evolución y uso de Materiales y Sistemas Constructivos*. Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 6, núm. 3, pp. 1-6. Matanzas Cuba: 2012.

como “el estado o situación de un tema en la actualidad”. Es una forma de aludir a lo que se sabe sobre un asunto, lo que se ha dicho hasta el momento que ha sido más relevante”.

En cuanto a estudios académicos, este hace referencia a la construcción de un análisis donde muestre avances relevantes que se han logrado con respecto al conocimiento de un tema. La formalidad de desarrollo de este tipo de documentos es más común en los estudios de tesis, especialización, maestrías o doctorados, puesto que implican conocimientos muy amplios sobre determinados problemas. Conocimientos que al investigador le toma determinado tiempo en obtener.

La idea principal es hacer una recopilación de fuentes que aporten, ideas, conceptos y opiniones que permitan complementar la documentación que se está llevando a cabo. Teniendo en cuenta todo esto, las investigaciones basadas en estrategias de cómo lograr una buena arquitectura en tierra, son variadas. Para la presente investigación se abordaran dos referentes nacionales que partieron de la historia para amoldar esta técnica, con conceptos nuevos.

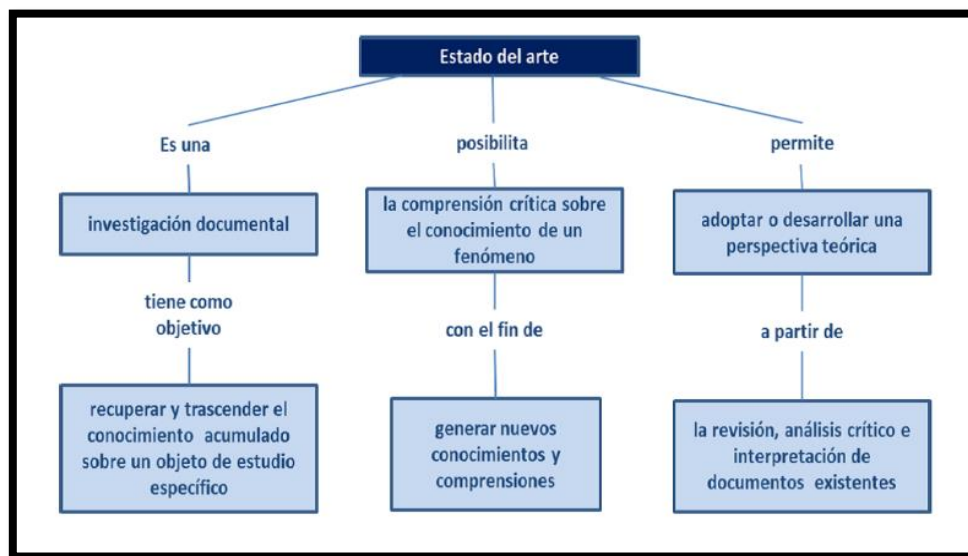


Figura: Estado del Arte

Fuente: <http://normasapa.net>

CAPITULO II

ARQUITECTURA EN TIERRA EN LA ACTUALIDAD

6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TIERRA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

La tierra, como bien lo afirman Montaña, Clop y Del Río, junto con el agua son elementos fundamentales para la existencia y prolongación de la vida.

Sin tierra no puede haber suelo, y el bosque que crea el oxígeno que compone la atmosfera y que permite la vida en la Tierra (...) la tierra es un excelente material de construcción, como la naturaleza nos muestra, si guardamos las termitas que hacen sus torres, con un sistema de ventilación anticipa a los sistemas de ventilación modernos o la avispa que trabaja como un arquitecto, construcciones con tierra con las curvas perfectas.²³

Históricamente, la tierra ha sido empleada como materia prima para la fabricación de diversos elementos, como vasijas, utensilios, pinturas, entre otros como grandes construcciones que se conservan como patrimonio arquitectónico, siendo una expresión cultural de muchas sociedades y que pese al paso del tiempo ha pervivido como una técnica constructiva de gran importancia.

Las construcciones en tierra está relacionas con las condiciones climáticas del lugar donde se construye, por ende, su utilización, diseño y permanencia están vinculadas también a estos factores. Como toda técnica constructiva, existen aspectos favorables y otros poco favorables para su construcción.

Si nos damos cuenta, los efectos de los terremotos en el último siglo han demostrado que las edificaciones construidas con tierra son muy vulnerables a los

²³ MARCHIORI, Chiara. Arquitectura en Tierra de la prehistoria y protohistoria en el próximo oriente. Estudio arqueométrico del adobe en los yacimientos de Tell Halula, Yumuktepe y Tell quan [tesis doctoral] Universidad Autónoma de Barcelona. España: 2015 p. 5

movimientos sísmicos, ya que la mayoría de los casos, su estructuración no está capacitada para soportar fuerzas inducidas por movimientos telúricos.

En Colombia hay multitudes de edificaciones construidas en adobe y tapia pisada, que no incluyen una adecuada estructura, ni algún requisito antisísmico, si nos vamos a una escala aun mayor, vemos iglesias, conventos, colegios, edificios institucionales, que por su magnitud en tamaño, necesitan más exigencia en este sistema constructivo.

Se puede considerar que el principal indicio sismorresistente, es que las edificaciones hayan pasado muchos años en pie, dando una percepción equivocada con consecuencias claras y nefastas del riesgo que esto conlleva, pero no se puede despreciar la resistencia que puede tener una edificación, muy bien rehabilitada sin que se atente con si aspecto estético y valor cultural.

VENTAJAS

Parafraseando a Josune Hernández²⁴, las cinco ventajas que ofrece la construcción con tierra es que son *materia prima fácil y económica*, no sólo porque no requiere mayores avances industriales y tecnológicos para su consecución, sino porque es un material accesible en todas partes del mundo. *Bajo impacto ambiental, económico y sostenible*, ya que no contamina, es reciclable, es de bajo costo energética, absorbe contaminantes y es una material saludable. *Buen comportamiento bioclimático, higroscópico y saludable, Aislante ignifugo* lo cual se evidencia en la capacidad de resistir altas temperaturas y no ser material combustible. Finalmente, otra ventaja es que es *Fonoabsorbente*, lo cual indica que es un aislante acústico.

²⁴ HERNÁNDEZ POCERO, Josune. Construcción con Tierra: Análisis, conservación y mejora un caso práctico en Senegal. Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/107822/tfg_josune%20hernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y (cursiva mía) Recuperado el 2 de junio de 2018

En concordancia con lo anterior, el Centro de Investigación Hábitat y Energía de Argentina,²⁵ sostiene que las principales ventajas que trae la construcción con tierra son: *recurso económico* (o prácticamente gratuito) fácil de hallar en el lugar de construcción. *La tierra es un material de muy baja energía incorporada*, posee propiedades térmicas, con una gran capacidad de almacenar el calor y cederlo posteriormente. Otra ventaja son las *propiedades de aislamiento acústico* ya que los muros de tierra transmiten mal las vibraciones sonoras.

La anterior información se complementa con otros aspectos que también son resaltados en el portal eco agricultor, y que fundamentan los enormes beneficios que tiene construir con tierra:

(...) La tierra es un material inocuo, no contiene ninguna sustancia tóxica, siempre que provenga de un suelo que no haya padecido contaminación (...) Fácil de obtener localmente, prácticamente cualquier tipo de tierra es útil para construir, o bien se puede escoger una técnica u otra en función de la tierra disponible. También se pueden hacer mezclas con otro material cercano o con algún mejorante de la mezcla (cal, yeso, paja (...)) 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.

Su obtención es respetuosa, si se extrae del propio emplazamiento, provoca un impacto poco mayor que el que ya supone realizar la propia construcción. No lleva asociados problemas como la deforestación o la minería extractiva que implican otros materiales constructivos (...) resulta adecuada en climas áridos con oscilaciones extremas de temperatura entre el día y la noche pero, si se incluye un aislamiento adecuado, también es idónea en climas más suaves. La tierra es un material inerte que no se incendia, pudre, o recibe ataques de insectos, esto es así porque se evita el uso de las capas superiores de suelo, con gran cantidad de material orgánico. Es un material por naturaleza transpirable, los muros de tierra permiten la regulación natural de la humedad del interior de la casa, de modo que se evitan las condensaciones.²⁶

²⁵ CENTRO DE INVESTIGACIÓN HÁBITAT Y ENERGÍA. Construcción con tierra. CHIHE. Buenos Aires, Argentina 2007

²⁶ ECO agricultor. Casas de tierra: las ventajas del barro como material de construcción. Disponible en <https://www.ecoagricultor.com/casas-de-tierra-las-ventajas-del-barro-como-material-de-construccion/> Recuperado el 2 de junio de 2018.

DESVENTAJAS

Retomando los planteamientos de Hernández, algunos de los aspectos poco favorables de las construcciones en tierra están asociados a la *durabilidad*, pues requiere no solo de mantenimiento sino también de saber utilizarlo para que la lluvia y el viento no lo afecten. *Limitaciones estructurales* ya que se deben usar muros bastante gruesos para el soporte y debe tener suficiente refuerzo para que su capacidad de flexión, torsión y tracción funcione. *Poca aceptación social*, pues no es un material estandarizado y *agrietación de la tierra al secarse*, por la variedad de tierras que existen dependiendo de los lugares, para ello se realizan mezclas con otros materiales del medio como paja o fibras naturales.²⁷

CIMENTACIONES

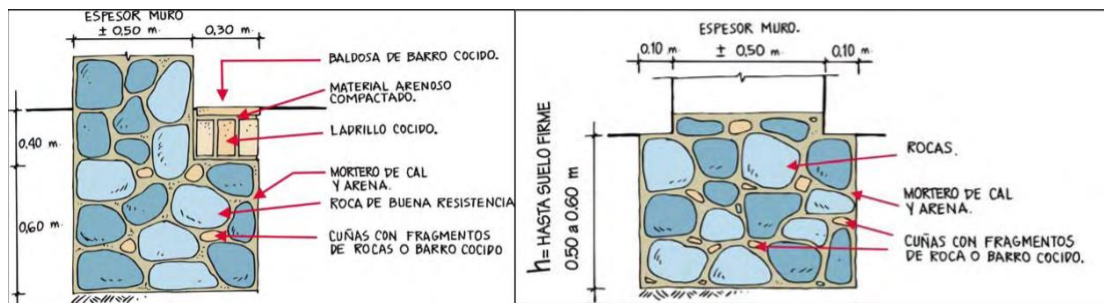


Figura 11: Correcta cimentación para muros de tierra

Fuente: Manual para la rehabilitación de viviendas en tapia pisada. Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

La edificación se contruye en base a una cimentacion de vigas corridas en roca y material ciclopeo, conformando un entramado de vigas debajo de los muros, la firmeza y profundidad de la cimentacion, debe alcanzar suelo firme debajo de la capa organica

Las formas de las cimentaciones mas comunes son en “L” y en “T” invertida.

²⁷ HERNÁNDEZ POCERO, Josune. Óp. Cit.

Al respecto, para el Centro de Investigación Hábitat y Energía, las desventajas que tienen las construcciones en tierra pueden ser:

El material, sin refuerzos adecuados, presenta un comportamiento estructural deficiente, frente a movimientos sísmicos, factor muy importante en la zona andina. Con una calidad constructiva inadecuada, puede requerir más mantenimiento que algunos materiales 'convencionales'. Al igual a cualquier construcción con grietas, pueden ofrecer zonas propicias para el crecimiento de insectos vectores de enfermedades tales como el mal de Chagas. El espesor de muros de adobe es mayor que los construidos con materiales convencionales, y las posibilidades de construcción son menos flexibles. El material está visto como una alternativa de construcción para sectores de bajos recursos, zonas rurales o simplemente 'antiguo' no apto para edificios modernos.²⁸

A pesar de las ventajas o aspectos poco favorables que existen, las construcciones en tierra son una alternativa muy acorde con las necesidades de adaptarse al cambio climático que se está viviendo en la actualidad, si bien es cierto que las desventajas están en relación a aspectos estructurales, debe considerarse que actualmente la industria ha puesto especial atención con la fabricación de ladrillos en tierra cruda y otro tipo de elementos que permiten que la arquitectura en tierra comience a cobrar nuevamente vigencia.

“Ese concepto es reforzado por el ingeniero industrial santandereano Germán Eduardo Díaz, quien asegura que el ladrillo es el elemento ideal para construir, porque reúne una serie de factores que van encaminados a la protección del hombre como son la resistencia a la compresión, baja conductividad térmica, aislante acústico, absorción de agua, resistencia al fuego y durabilidad. Pero que el ladrillo cumpla o no estas cualidades en las construcciones no depende sólo del producto, sino que tiene mucho que ver su manejo en la obra, sistema de transporte, forma de apilarlo y especialmente la forma de colocarlo y pegarlos en los muros”

Las ventajas son mayores si se comparan con las desventajas, en tanto que éstas últimas son aspectos que son superables con una adecuada intervención

²⁸ CENTRO DE INVESTIGACIÓN HÁBITAT Y ENERGÍA. Óp. Cit. pág. 8

arquitectónica y con el cuidado adecuado para su sostenimiento. Por otra parte, es importante resaltar que la arquitectura ha venido desempeñando un papel crucial para que este tipo de construcciones dejen de ser asociadas a “pobreza” o “bajo estrato social”, pues no sólo planteado novedosos diseños, sino que hoy en día, en muchos países son una alternativa que no traspasa las barreras socioeconómicas, dándosele más importancia al aporte que hacen para mantener el equilibrio con la naturaleza.

7. OBRAS DE ARQUITECTURA EN TIERRA EN COLOMBIA

En Colombia las construcciones lejos de ser un tema novedoso son un elemento que hace parte de la historia, el arte y la arquitectura nacional, pero que a pesar de su valor arquitectónico y ancestral cayó en desuso cuando nuevas formas de construir y nuevos materiales aparecieron en el contexto colombiano, ofreciendo no solamente rapidez sino también economía.

En el país, existen 45 centros históricos con construcciones en tierra que se mantienen a pesar del paso del tiempo y que dan cuenta de un valioso legado de las culturas indígenas, quienes construyeron sus viviendas con estos materiales que ofrecía el medio, pese a los cambios que durante la época colonial se introdujeron en la arquitectura, la tierra continuo siendo un material predominante para la construcción. Sin embargo, entrar al mundo industrializado le implicó al país incorporar nuevos material de construcción como el cemento y el ladrillo, no solamente para dar solución rápida al problema de migración del campo a la ciudad, sino también para estar en la “onda” de progreso y desarrollo que circulaba por todo el continente.

En otras palabras, el paso hacia el desarrollo conllevó a que en Colombia, la tierra como material de construcción pasara a un segundo plano, y comenzara a

asociarse con atraso, pobreza y ruralidad; paulatinamente el cemento, el concreto y demás materiales impulsados por la industria se situaron en un mayor de importancia. Fue así como “viejas” construcciones se vinieron abajo, para darle paso a edificaciones modernas, acordes con las nuevas tendencias del mundo contemporáneo.

La arquitectura en tierra fue perdiendo el espacio que históricamente había ocupado, más, cuando la normatividad para construir desechó de tajo la tierra como material de construcción y avaló el uso de otros, basándose en aspectos estructurales y de resistencia.

Las obras arquitectónicas en tierra que se conservan en Colombia han tenido que pasar por diferentes desafíos para su conservación, a pesar de la normatividad existente, la tierra, como se dijo en páginas anteriores, no ha logrado ser incorporado en la normatividad colombiana como un material apto para construir, inclusive la conservación de las edificaciones existentes en este material no ha sido una tarea fácil, pues para las reparaciones, se obliga al uso de otros materiales contemporáneos que contrastan notoriamente con la tierra y le van restando su valor patrimonial e histórico.

El patrimonio arquitectónico en tierra cruda es muy consistente en Colombia sobre todo en los contextos definidos como “arquitectura menor” y constituye y caracteriza, en muchos de estos contextos, un elemento de fuerte potencial históricocultural y turístico que es ignorado con frecuencia por parte de la población local que no reconoce lo que tiene o que lo considera de poco valor. Se puede observar un acelerado deterioro de estos edificios y de dicho patrimonio menor, ya que existe una ausencia de bases teóricas de tutela del mismo, además de la dificultad de asignar recursos económicos ya que están destinados a otras prioridades como lo son el patrimonio monumental, y finalmente por estar en presencia de leyes recientes de las cuales aún no hay una total apropiación. El conocimiento de las técnicas constructivas en tierra cruda, aún vigente, esta progresivamente siendo abandonado, sobre todo en los centros urbanos, sustituido por el uso de técnicas recientes y por el uso de lenguajes arquitectónicos europeos, aplicados a veces en modo inoportuno

respecto al contexto cultural, arquitectónico-urbano e inclusive climático con escasas repuestas a las necesidades primordiales del lugar y las personas que lo habitan.²⁹

ZONA GEOGRAFICA	TECNICA CONSTRUCTIVA				SOPORTE ESTRUCTURAL		
	ADOBE	BAHAREQUE	Tapia Pisada	Tapia armada	Guadua	Madera	Fibras Vegetales
Santanderes	Orange	Grey	Orange	Grey	Grey	Orange	Grey
Eje cafetero(Quindío, Risaralda y Caldas)	Grey	Orange	Orange	Grey	Orange	Grey	Grey
Antioquia	Grey	Orange	Orange	Grey	Orange	Grey	Grey
Costa caribe	Grey	Orange	Grey	Orange	Grey	Orange	Orange
Costa Pacifica	Grey	Orange	Grey	Grey	Grey	Orange	Orange
Altiplano cundiboyacence	Orange	Grey	Orange	Grey	Grey	Orange	Grey
Sur del País (Nariño, Cauca, y Valle)	Orange	Grey	Orange	Grey	Grey	Orange	Orange

Figura Técnicas constructivas en Tierra por regiones de Colombia
Fuente: Presentación Encuentro Nacional de Barichara, Santander.
Carlos Eduardo Nieto, Octubre 2006.

A continuación se presentan algunas obras de arquitectura en tierra existentes en el país, que tienen trascendencia arquitectónica, patrimonial e histórica y que luchan por mantenerse a los embates del tiempo y a las normas que las excluyen. Así mismo se podrá evidenciar algunas edificaciones contemporáneas existentes en país, basadas en la tierra.

²⁹ BATTISTELLI, Alessandra. Tecnología y patrimonio en tierra cruda en Colombia, el caso de Barichara en Santander. Politécnico di Torino. Italia: 2005

7.1 BARICHARA – SANTANDER

Es pertinente primero ubicar geográficamente este lugar, Barichara *es uno de los 18 municipios que conforman la Provincia Guanentina. Está ubicado a 24 km de San Gil (...) 118 km de Bucaramanga capital del departamento y 445 km de la capital de la república (Bogotá).*³⁰ Es un área considerada altamente sísmica.

Con respecto a la historia se tiene obtiene de la página oficial del municipio la siguiente información:

“Los primitivos pobladores de la región de Barichara, formaban parte de la Tribu Guane, integrante de la gran familia Chibcha, su territorio comprendía una extensa región muy rica en recursos naturales. Barichara fue fundada en 1742 por el presbítero José Martín Pradilla y Ayerbe, primer párroco que tuvo el pueblo. El trazado del Municipio de Barichara se inicia con la donación de media estancia de tierras hechas a la virgen de la piedra por don Francisco Pradilla y Ayerbe, su hijo el párroco José Martín Pradilla se convierte en primer administrador, el cual adjudica el sobrante de tierras a nuevas familias a cambio de limosnas para la devoción de la virgen de la piedra en su largo curato.”³¹

El valor que adquiere Barichara en esta investigación es por su arquitectura, la cual es basada en la tierra cruda en su totalidad, este municipio Santandereano fue declarado Monumento Nacional y es un importante centro histórico en el que pervive la tierra como material constructivo predominante, que lo hace un sitio único, en el que se amalgaman los conocimientos ancestrales con las representaciones arquitectónicas, manteniendo un legado articulado a las formas de vida de sus pobladores.

De acuerdo a Battistelli, *Barichara*, “dentro del grupo de centros históricos en tierra, es un unicum en Colombia porque la arquitectura en tierra no representa un patrimonio “muerto”: en Barichara está todavía vivo el saber hacer constructivo de

³⁰ BARICHARA EN SANTANDER. Información General del Municipio. Disponible en <http://www.barichara-santander.gov.co/> Recuperado el 4 de junio de 2018

³¹ Ibid.

*estas técnicas y viva es la relación del hombre con el hábitat y el patrimonio arquitectónico en tierra y en tapia pisada.*³²

Las técnicas de construcción en tierra de mayor uso en Barichara son el adobe y la tapia pisada, se destaca esto, sobre todo porque las formas constructivas de las edificaciones corresponden a su origen y han sobrevivido a través del tiempo, manejándose conocimientos empíricos y ancestrales en sus pobladores, lo cual les ha permitido la conservación y la escasa o nula utilización de otros materiales para intervenir las construcciones.



Figura

Fuente: <http://www.al-dia.info/turismo>

Desde hace algunos años la Fundación Tierra Viva, mostró un especial interés por esta zona del país, buscando no sólo la conservación del patrimonio cultural del

³² BATTISTELLI, Alessandra. Óp. Cit. pág. 6

municipio a través de la conservación de las edificaciones ya existentes, sino que inicio un proceso para que los pobladores asumieran un rol protagónico en ese proceso, de tal manera, que en Barichara las nuevas casas que se construyen no sólo conservan la tierra cruda material, sino que los conocimientos de algunos miembros de la comunidad con la participación de importantes arquitectos han permitido que este sea un lugar en el que muchos profesionales en la disciplina arquitectónica encuentren un lugar de desarrollo profesional, más aún cuando las construcciones de este tipo, vienen cobrando enorme importancia en el mundo.

Desde sus inicios, el equipo de la Fundación Tierra Viva tuvo claro que la aplicación masiva de la arquitectura de tierra comenzaba por la apropiación que de ella hicieran los grupos sociales con formación académica y poder adquisitivo, puesto que la población vulnerable y de escasos recursos económicos replican fácilmente lo que ellos hacen. Si se hubiese comenzado con proyectos habitacionales para comunidades desfavorecidas, la tapia pisada, el adobe o el bahareque seguirían siendo asociados con pobreza. Barichara y su particular coyuntura permitió avanzar en esta tarea gracias a los proyectos desarrollados para particulares, obras donde se exploraba en los valores estéticos de la tierra cruda y se pretendía la buena factura arquitectónica, obras ejecutadas no solo por la Fundación Tierra Viva sino también por otros arquitectos que se fueron instalando en Barichara.³³

Cabe anotar que este “boom” por la arquitectura en tierra que se ha dado en el municipio ha generado otras connotaciones negativas para algunos pobladores, debido a que el costo de vida ha aumentado. Los proyectos habitacionales de Barichara han atraído a muchas personas que tienen los recursos económicos para construir bellas viviendas.

Barichara entonces es un caso especial, porque en la actualidad, han logrado obtener no solo reconocimientos por partes de organismos internacionales, siendo epicentro de importantes encuentros de arquitectura en tierra, además, han contado con el apoyo de los organismos municipales como la Secretaría de

³³ RIVERO BOLAÑOS, Santiago. Óp. Cit. pág. 357

Planeación, que otorga las licencias para que las nuevas casas que se construyen utilicen la técnica de tapia pisada, a pesar que la NSR – 10 no contempla la tierra como material de construcción, al respecto Rivero explica:

Varios son los factores que han confluído en Barichara para que la mayoría de las licencias de construcción que expide la Secretaría de Planeación del municipio sean para nuevas construcciones en tapia pisada o para intervenciones en casonas levantadas en este sistema constructivo pese a que la norma vigente no la contempla: el primero de ellos es el hecho de que Barichara sea Bien de Interés Cultural de Carácter Nacional por su alto grado de preservación arquitectónica, hecho que es reconocido, respetado y valorado por nativos y foráneos. El segundo factor que incide radica en que en Barichara la mano de obra tanto profesional como técnica es competente y está disponible a precios del mercado. El tercer factor –y quizás el de mayor peso– es que el perfil de cliente que solicita una construcción en tierra en Barichara es de un nivel académico y cultural muy por encima de la media nacional, consciente de los beneficios estéticos y ambientales de una casa en tapia y que además aprecia su valor cultural, un perfil de cliente con influencias tanto políticas como económicas que le permiten generar ciertas flexibilidades en el contexto local y que, además, no requiere de profundas elucubraciones científicas para sentirse seguro en una casa de un piso con muros en tierra compactada con cincuenta centímetros de espesor.³⁴

7.2 AGUADAS – CALDAS

Es un municipio ubicado en el departamento de Caldas fundado en 1808 por José Narciso Estrada, se encuentra ubicado en la parte norte del departamento. Además de la fama de sus bellos sombreros de iraca, Aguadas ofrece a los visitantes su centro histórico, declarado Monumento Nacional en 1982. Es el octavo municipio en extensión del departamento, cuenta con un clima templado debido a la variedad de pisos térmicos que van del cálido al páramo.³⁵

Este municipio colombiano se caracteriza por su arquitectura colonial, en el cual aproximadamente el 80 % de las casa están construidas con técnicas tradicionales

³⁴ Ibíd. pág. 356

³⁵ Información obtenida de <http://caldas-aguadas.blogspot.com/> Recuperado el 15 de junio de 2018

como bahareque, lo cual equivale a decir, que de las 200 casas que conforman el municipio, 160 conservan el valor arquitectónico, sin embargo, la presencia de materiales modernos están llevando a que los pobladores rechacen las técnicas tradicionales e incorporen nuevos materiales.



Figura

Fuente <http://www.colombia.co/wp-content/uploads/2014/09/Aguadas.pdf>

El grupo de investigación en patrimonio de la facultad de ingeniería y arquitectura de la Universidad Nacional llevó a cabo una investigación para analizar los sistemas constructivos de 30 casas, que arrojó los siguientes resultados:

(...) las patologías de las viviendas, se encontró que los principales daños estructurales son producidos por humedad, polvo, fisuras, deformaciones, corrosión, ataque de insectos y malas intervenciones. (...) la humedad relativa de la región es muy alta, lo cual deriva en detrimento de las construcciones en tierra cruda (tapia pisada y bahareque embutido) y de la madera.

Otro hallazgo fue que la falta de protección contra las aguas lluvias afecta la cubierta, estructura y muros exteriores de las viviendas estudiadas. Además, el ataque de insectos xilófagos y hongos son causantes de grandes patologías presentes en la carpintería de las casas de Aguadas, causando deterioros totales o parciales.

(...) las malas intervenciones hechas por los propietarios, sin conocimiento de las técnicas tradicionales, también provocan daños estructurales, por ejemplo,

cuando se rompe una tapia pisada para insertarle una estructura de vigas y columnas en concreto armado.³⁶

A diferencia de Barichara, lo que sucede en Aguadas es que la población en general no se ha interesado frente a la riqueza de su patrimonio cultural que está presente en las construcciones en tierra existentes en el municipio, por el contrario, algunas viviendas han sido reemplazadas por construcciones contemporáneas, y a otras se le han introducido cambios estructurales en otro tipo de materiales que han afectado notablemente a los modelos iniciales.

7.3 VEGACHÍ ANTIOQUIA

Es un municipio colombiano que se encuentra ubicado en el Nordeste del departamento de Antioquia, a 147 Km de Medellín, tiene una extensión territorial de 512 kilómetros cuadrados. Es uno de los municipios más jóvenes y recientes del departamento de Antioquia, siendo así el municipio 123 de 126 Municipios que conforman el Departamento de Antioquia.³⁷

Este municipio se incluye en esta investigación porque hace algunos años la Fundación Tierra Viva desarrolló ahí un proyecto de vivienda basado en la utilización de tierra cruda, constituyéndose en un proyecto pionero que contó con la vinculación del gobierno permitiendo dar solución de vivienda a varias familias del municipio y demostrando con ello, que la arquitectura en tierra se consolida como una importante técnica de construcción que puede contribuir en la solución del déficit de vivienda en el país.

³⁶ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Materiales modernos amenazan patrimonio arquitectónico de Aguadas (Caldas). Disponible en <http://www.manizales.unal.edu.co>

³⁷ Información obtenida de <https://es.wikipedia.org/wiki/Vegach%C3%AD>



Figura
Fuente: Fundación Tierra Viva

Las fundación tierra viva ha manifestado que el proyecto realizado en el municipio de Vegachí es actualmente uno de los más importantes construidos en tierra que existen en el país.

Es desde muchos puntos de vista, un proyecto emblemático, pues por primera vez participa el estado en su financiación, demostrando así que el problema de la tierra cruda consistía en una decisión política que permitiera continuar con el desarrollo de las culturas constructivas. Los beneficios de este proyecto se pueden resumir en: Impacto social: reinserción dentro del tejido social de 104 familias que se encontraban en condiciones marginales. Ahora estas familias pertenecen al municipio de Vegachí, integrados como ciudadanos con derechos y deberes y responsabilidad social.³⁸

³⁸ FUNDACIÓN TIERRA VIVA. Vegachí – Antioquia. Disponible en <https://fundaciontierraviva.org/2009/11/vegachi-antioquia/> recuperado el día 12 de junio de 2018

7.4 CASA TERRACOTA

Es un proyecto de construcción realizado por el arquitecto Octavio Mendoza en el que la tierra se constituye en el elemento fundamental de construcción. Se encuentra ubicada en el municipio de Villa de Leyva (Boyacá). Es un lugar imponente pero a su vez muy llamativo para los turistas, no sólo por su estructura sino por las formas y el contenido.

De acuerdo a su creador el arquitecto, Mendoza describe la casa terracota en los siguientes términos:

Casa Terracota es el símbolo de mi propuesta: un proyecto de construcción que apoyándose en los cuatro elementos (tierra, aire, agua y fuego) convierte la tierra en arquitectura habitable, al tiempo que produce objetos funcionales que participan del proceso de cocción mientras se transforman en piezas útiles para la vida cotidiana de los residentes del espacio. Una vez finalizados los pasos de construcción y quema, dichos elementos se utilizan como parte de los acabados o se ofrecen como productos aptos para la venta o el trueque, permitiendo así a los propietarios recuperar parte importante de la inversión realizada en el proyecto. Esto convierte al sistema en una opción de construcción autosostenible, ya que no sólo suplende las necesidades de vivienda de sus habitantes, sino que también ofrece a toda la comunidad vecina la posibilidad de estrechar lazos y crear microempresas de mayor alcance y beneficios compartidos.³⁹

Como se puede apreciar en la siguiente imagen, casa terracota sin lugar a dudas es un claro ejemplo de la versatilidad que tiene la tierra para realizar bellas construcciones similares a obras de arte, demostrando a su vez que las construcciones en tierra lejos de asimilarse a antigüedad o pobreza, pueden ser pensadas para otros fines y para otras clases sociales.

³⁹ Información disponible en <http://www.casaterracota.com/web/index.php/es-ES/casaterracota>
Recuperado el 15 de junio de 2018



Figura

Fuente: <http://www.metrocuadrado.com/noticias/tags/casa-terracota>

7.5 CENTRO DE MEMORIA HISTÓRICA

Es una bella construcción realizada en tierra por el arquitecto Juan Pablo Ortiz, quien participó en un concurso convocado por la Sociedad Colombiana de Arquitectos para la construcción del centro de memoria histórica de Colombia.



Figura

Fuente: <http://centromemoria.gov.co/obra-arquitectonica/>

La técnica utilizada en esta obra arquitectónica fue la tapia pisada haciendo un homenaje a las técnicas tradicionales de construcción. De acuerdo a su autor:

En el monolito se encuentran cien ventanas que caen como las lágrimas de esta sociedad sumida en la violencia, pero también como fuentes de luz que llegan al Centro de Memoria para rendir homenaje a las víctimas, a sus sueños y a la búsqueda de una sociedad sin violencias y en paz.

Al edificio se ingresa descendiendo por los cuatro puntos cardinales y lo primero que se halla en las paredes interiores del monolito, en la línea que ilumina las ventanas, es el resplandor de 2.012 botones de vidrio que contienen tierra y mensajes entregados por miles de personas, entre ellas muchas víctimas, para convocar a la memoria por la vida, los derechos humanos y a una sociedad no violenta.

Esta obra arquitectónica se distingue por haber incorporado desde el principio un concepto participativo. Cada momento de su ejecución fue acompañado de la acción colectiva de la ciudadanía, y las víctimas invitadas para aportar ideas y simbólicos puñados de tierra.⁴⁰

7.6 CASA VERGARA

Es un proyecto novedoso realizado por José Andrés Vallejo, basada en la técnica de superadobe y con tecnología sismo resistente, ubicado en Bogotá.

⁴⁰ Información disponible en <http://centromemoria.gov.co/obra-arquitectonica/> recuperada el día 16 de junio de 2018



Figura

Fuente: <https://ecoinventos.com>

La tierra es el elemento predominante en su construcción, la técnica empleada en su arquitectura y diseño es basada en la idea del arquitecto iraní Nader Khalili.

“El superadobe se vale de tres elementos: tierra-cemento, sacos tubulares y alambre de púas. Una construcción con este método es monolítica, se elimina la discordancia entre elementos estructurales y no estructurales. (...) es también un experimento donde se busca reducir al máximo insumos industrializados con altas huellas de carbono. Es una robusta alternativa para viviendas rurales de bajo presupuesto con altas prestaciones bioclimáticas.”⁴¹

“El proceso de construcción de la casa, termina mediante la fase de **revocado** exterior e impermeabilización. Esta fase se realiza con una mezcla de cal, arenas, arcilla, fibras y aceites naturales, además de una pintura impermeabilizante final ecológica al silicato, que permite la transpiración natural de la estructura, pero impide la entrada de toda posible entrada de agua, para evitar humedades”

⁴¹PINZÓN, Ana María. En Proceso / Arquitectura para terminar: Casa Vergara, Superadobe en la Sabana Disponible en <http://www.a57.org/articulos/proyecto/En-proceso-Casa-Vergara-Superadobe>. Recuperado el 20 de junio de 2018.

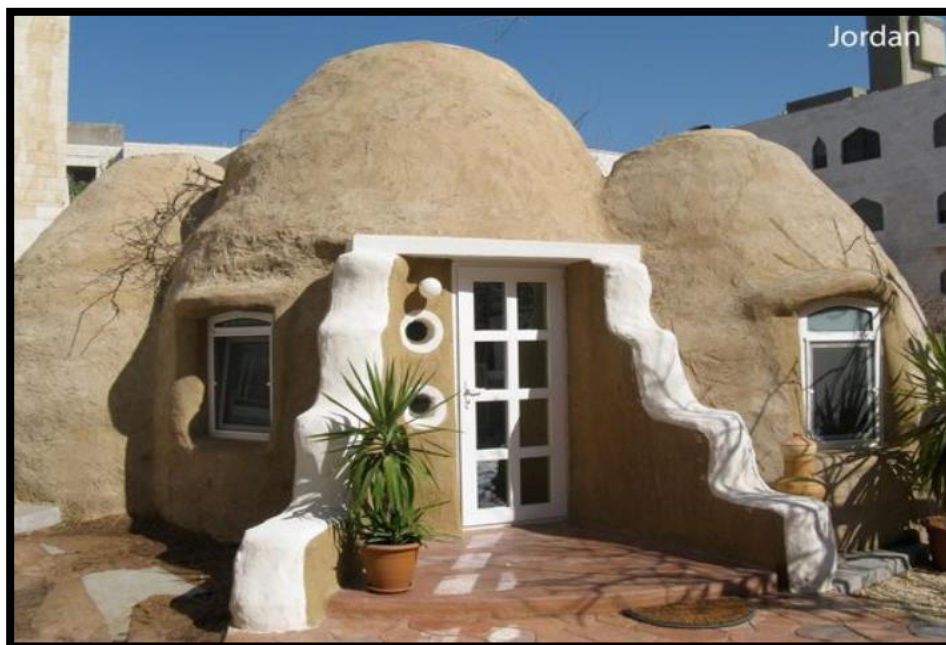


Figura: súper adobe vivienda

Fuente: Superadobe Projects (Pinterest)

8. INNOVACIONES TÉCNICAS DE LA ARQUITECTURA EN TIERRA

La huella ecológica dejada por el hombre, el cambio climático y otras circunstancias ha conllevado a que desde la disciplina arquitectónica se comience a re-pensar en las técnicas constructivas alternativas que no sólo posibiliten un equilibrio con la naturaleza, sino que también sean una opción para que los países en vía de desarrollo como Colombia las personas puedan gozar de una vivienda digna, a partir de materiales que pueden conseguirse fácilmente en el medio, como es la tierra.

Si bien es cierto que la tierra es una técnica de construcción que predominó en el país por muchos siglos, llegó a un momento en el que cayó en desuso, la llegada de nuevas técnicas basada en el acero y concreto desplazaron en muchas

regiones del país a la tierra, conllevando que esta se asociara con elementos de marginalidad, atraso y retroceso. Connotación a su vez injusta, sobre todo por las ventajas que ofrecen esta técnica constructiva, probada a través de los años y de los diseños que existen alrededor del mundo.

Es de forma reciente que la arquitectura en tierra viene cobrando relevancia en la sociedad colombiana, a partir del desarrollo de proyectos impulsados por diferentes personas y organizaciones que han demostrado que la tierra continua siendo un material muy valioso en la arquitectura, pero que a su vez choca con la normatividad sismo resistente vigente en el país. Esta situación, en principio puede ser negativa para quienes impulsan la arquitectura en tierra, pero también ha sido una especie de trampolín para que la técnica haya ido mejorando con el paso del tiempo, introduciéndosele no solo variantes para una mejora durabilidad y portabilidad de los materiales, sino que ha llamado la atención de diferentes empresas que con el adecuado insumo industrial le han dado vida a la tierra nuevamente, para que pueda ser utilizada de una manera correcta y segura.

Uno de los avances que ha tenido la construcción en tierra ha sido los semi – prefabricados o prefabricados que buscan mejorar las características de la tierra y con ello brindar optimización y seguridad para construir. De tal manera, que han surgido los bloques en adobe, el brick de tierra comprimida y el tapial.

“El BTC o bloque de tierra comprimida al igual que la tapia ha avanzado en su diseño, especialmente en lo que tiene que ver con el proceso constructivo y de equipamiento, así mismo, los sistemas mixtos han evolucionado, permitiendo mejoras al momento de construir. *Los dispositivos de montaje y desmolde se diseñan para ahorrar tiempos constructivos; con pisones neumáticos y un molde con altura de dintel se puede levantar una tapia en pocos días*”.⁴²

⁴² ROTONDARO, Rodolfo. Arquitectura de tierra contemporánea: tendencias y desafíos. APUNTES vol. 20, núm. 2 Universidad de Buenos Aires, Argentina (2007) págs. 369-383.

Una investigación muy importante para conocer las innovaciones que ha tenido la construcción en tierra la ofrece Fabio Gatti⁴³, quien en su investigación abarca algunas técnicas contemporáneas y que serán explicadas a continuación como fundamento de las innovaciones introducidas a la arquitectura en tierra.

8.1 BTC o BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDO

Se puede decir que es la evolución del adobe que antes requería que la tierra se compactara a mano o con pequeños pisones, el BTC, continua siendo de tierra pero utilizando técnicas de comprensión y prensado que es desmoldado de forma inmediata con mejoras físicas y mecánicas que buscan mejorar la resistencia a la acción de agrietamiento ejercida por el viento.

Para mejorar las propiedades de impermeabilidad, durabilidad, puede utilizarse la estabilización granulométrica, que consiste en la mezcla de proporciones de diferentes tierras y la estabilización química, en que se agrega un aditivo químico a la tierra, generalmente aglomerante tipo cemento o cal. El BTC, en general, es moldeado por prensado con moldes cuyo formato posibilita producir piezas de formas y dimensiones variadas. La maquinaria disponible para su fabricación es diversa y puede atender a las necesidades de producción para las edificaciones de diferentes envergaduras.⁴⁴

De acuerdo a lo expuesto por Gatti, el BTC puede ser utilizado en cualquier construcción en reemplazo de los ladrillos que se conocen comúnmente, los cuales pueden ser cubiertas con revestimiento de mortero o quedar expuestas, cuidando que la lluvia no las afecte.

La utilización de prensas mecánicas supone una mejoría en la calidad de las piezas obtenidas, desde el punto de vista formal y mecánico, lo que facilita su colocación en la obra. La utilización de maquinaria “portátil” permite el

⁴³ GATTI, Fabio. Arquitectura y construcción en tierra Estudio Comparativo de las Técnicas Contemporáneas en Tierra. Universidad Politécnica de Catalunya. 2012-

⁴⁴ Ibíd. pág. 38

aprovechamiento del terreno obtenido de la propia excavación de la obra. Mantiene la regularidad de las dimensiones. El escaso grado de humedad de la mezcla utilizada hace que el proceso de curado se realice bajo cubierto. Por otro los bloques tienen una consistencia inicial que permite un cierto grado de apilamiento, evitando la necesidad de grandes superficies de secado. El proceso constructivo es semejante al de la mampostería convencional.

8.2 TAPIA

En páginas anteriores se explicó en que consiste la técnica de la tapia o tapial, considerándose una de las técnicas más antiguas de construcción sino también una de las más extendidas por el mundo, por las características y condiciones que ofrece en aspectos térmicos y de consumo de energía en el proceso de producción. Por ende la tapia ha sufrido algunos cambios que le han permitido mejorar su estabilidad y compactación a través de productos naturales industriales que ha incidido en su durabilidad y resistencia, obteniendo como resultado tapia prefabricada.

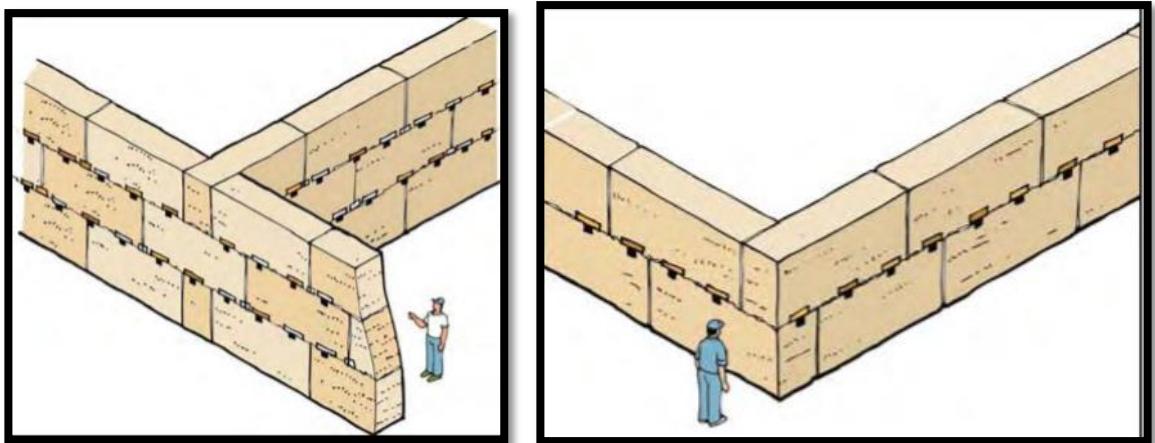


Figura: Tapia Pisada

Fuente: Asociación colombiana de ingeniería sísmica-AIS- 2014

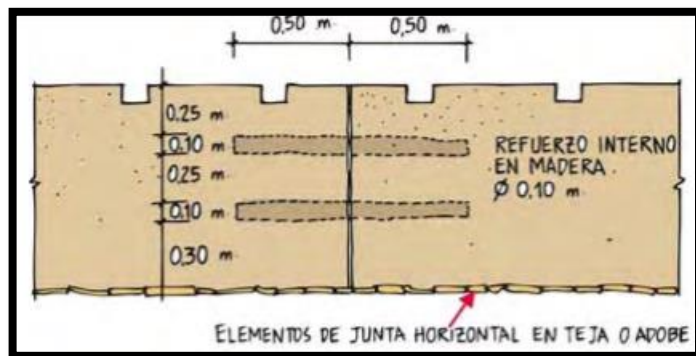


Figura: Tapia pisada

Fuente: Asociación colombiana de ingeniería sísmica-AIS- 2014

La prefabricación de elementos en tierra apisonada representa una importante evolución de esta técnica. La prefabricación permite la construcción de fábricas de mayor calidad y de disminuir los tiempos de construcción aunque los costos puedan aumentar, debido a los requisitos de transporte y de elevación. Los factores climáticos como la humedad, la lluvia y el viento, y la orientación de las paredes en relación a la luz y la sombra son aspectos muy importantes en el proceso de construcción tradicional. La prefabricación en naves industriales permite controlar estos factores mejorando esta técnica constructiva.⁴⁵

De acuerdo con estos cambios que ha sufrido el tapial y la creación de modelos prefabricados, Gatii, afirma que es posible encontrar diferentes tipos de tapia, dependiendo del uso arquitectónico que se le dé, pueden identificarse la *tapia aislada* que incluye barras de acero en medio de los paneles para que se logre el asilamiento; la *tapia pos tensada* que requiere de la utilización en el interior del muro de tubos de plástico por que pasan hilos de acero; *tapia con dispersores sísmicos* que utiliza tubos de plástico para evitar el contacto directo con la tierra⁴⁶

⁴⁵ Ibíd. pág. 45

⁴⁶ Ibíd. págs. 46-60



Figura: Tapia aislada (izq.) y tapia con dispersores sísmicos (der)
Fuente: Fabio Gatti

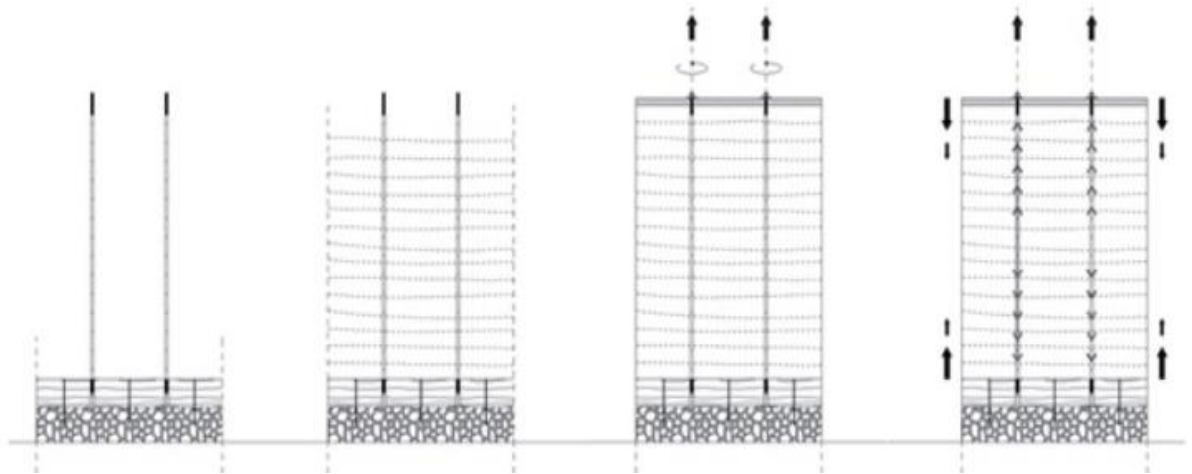


Figura: Tapia aislada

Fuente: Revista de la Construcción vol.9 no.2 Santiago dic. 2010

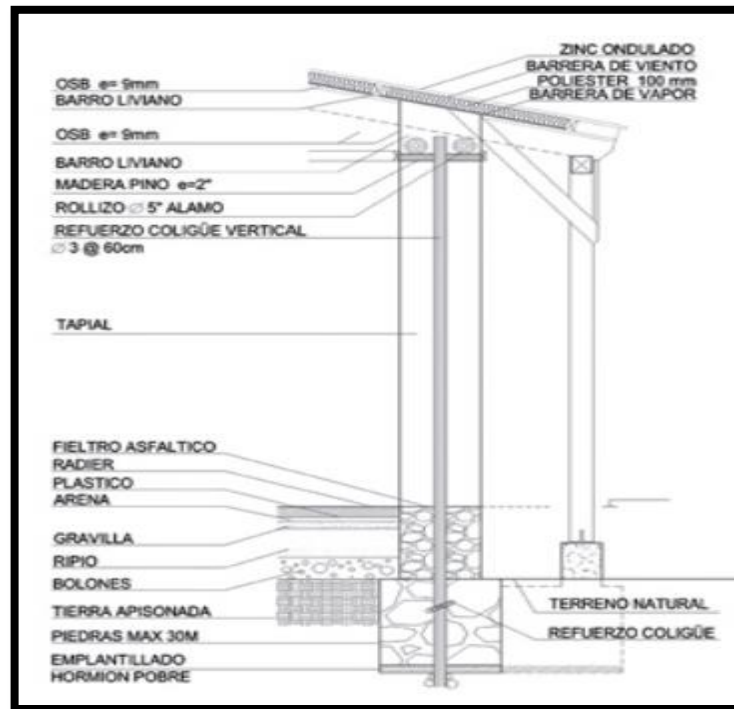


Figura: Tapia con dispersores sísmicos

Fuente: Revista de la Construcción vol.9 no.2 Santiago dic. 2010

8.3 COB

Es una técnica, que según Fabio Gatti⁴⁷ “consiste en el apilado sobre el muro de “pelladas” de barro y fibras vegetales, que permite que el volumen de estas sea algo superior (...) Las pelladas son colocadas sobre el muro con horcones y pisadas para compactarlas. Pasados dos días, el material sobrante se corta con una pala y se enrasa el paramento; (...) se han construido muros de 40 y 200 cm de espesor y permite fácilmente realizar secciones ataludadas.”

⁴⁷ Ibíd. pág. 66



Figura: Proceso de técnica Cob
Fuente: Fabio Gatti

Cálculo estructural.

El cob a nivel mundial y su aporte como técnica ha llevado a los especialistas a estos estándares: Espesor de los muros. Éstos se alzan y van disminuyendo gradualmente en su grosor, siendo 25cm. el espesor mínimo que un muro de cob puede presentar en su extremo superior. Por cada 90cm. de altura que una pared de cob alcance deberán añadirsele 5cm. en el espesor de su base

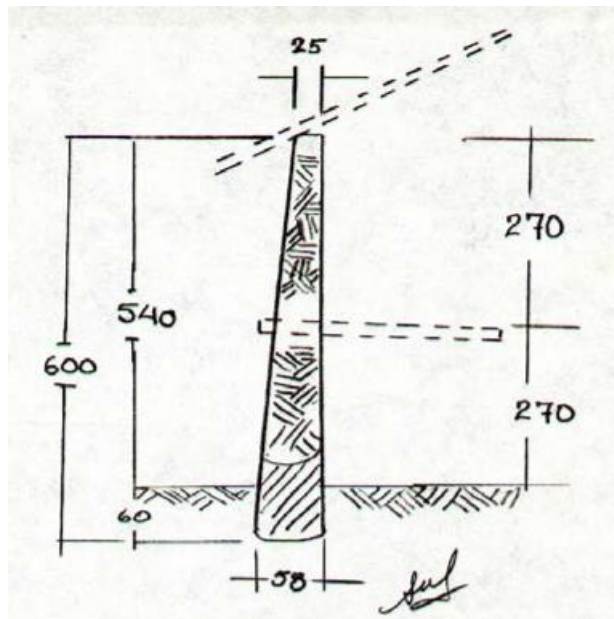


Figura: Muro de Cob

Fuente: Construyendo con cob-jhonny Salazar

8.4 TÉCNICAS MIXTAS

Como se abordó más atrás, las técnicas mixtas se caracterizan por que se integran otros materiales con la tierra, llevando a que ésta requiera de una especie de esqueleto para sostenerse, que puede ser realizado con elementos vegetales o actualmente con industriales, respondiendo así a las necesidades ambientales y constituyendo una valiosa técnica acústica y térmica. “La construcción en técnicas mixtas tradicionales, ha inspirado el desarrollo de nuevos sistemas constructivos de acuerdo a las necesidades contemporáneas. Entre ellas se encuentra la “tierra aligerada” con paja o copos de madera, llamada leichtlehm en alemán y la quincha metálica desarrollada por el Arquitecto chileno Marcelo Cortes.”⁴⁸

Quincha Metálica: funciona como el Bahareque, a diferencia es que el esqueleto que es relleno por la tierra, está conformado por un masa de acero corrugado en lugar de los elementos tradicionalmente utilizados como madera o guadua. La mezcla de tierra y paja debe cubrir la malla, para ello, es necesario que esté en un estado entre plástico y líquido.

El sistema da como resultado una estructura flexible y ligera de peso que es inherentemente resistente a los terremotos. El Arquitecto chileno Marcelo Cortés ha desarrollado una versión tecnológicamente avanzada de la quincha. En lugar de utilizar bambú o caña de azúcar para crear una matriz que sirva para contener el barro, usó acero y alambre de malla soldada, una “Quincha Metálica”. En la matriz él aplica una mezcla de sofisticación tecnológica de barro llamada “techo-barro” que incluye cal para controlar la expansión volumétrica de la arcilla y aumentar la impermeabilidad al agua. Las luces y el potencial escultórico del acero le permiten crear formas y espacios que antes no eran posibles con la construcción de barro, como las paredes inclinadas que desafían la lógica tradicional del quincha. (...) Al igual que en la quincha tradicional, el marco estructural de acero soldado crea una estructura inherentemente resistente a los terremotos (la piel de barro fino es ligero y la estructura de acero es flexible).⁴⁹

⁴⁸ *Ibíd.* pág. 69

⁴⁹ *Ibíd.* pág. 72



Figura: Quincha metálica
Fuente: Fabio Gatti

8.5 LLENAR

“Esta técnica constructiva consiste en llenar de tierra un encofrado perdido. El material principal de relleno es la tierra, y puede ser complementado por otro material. La tierra rellena el hueco empleado como envoltura.”⁵⁰

El superadobe, técnica desarrollada por el arquitecto iraní Nader Khalili, y que fue utilizada para realizar la casa Vergara que se referenció arriba, es uno de los ejemplos de esta novedosa técnica, también puede observarse como ejemplo, la utilización de llantas de carro llenadas con tierra compactadas que sirven para la construcción de viviendas u otros espacios; así mismo los llamados “eco-ladrillos” (botellas de plástico llenadas con tierra aprisionada) hacen parte de esta técnica.

⁵⁰ Ibíd. pág. 75

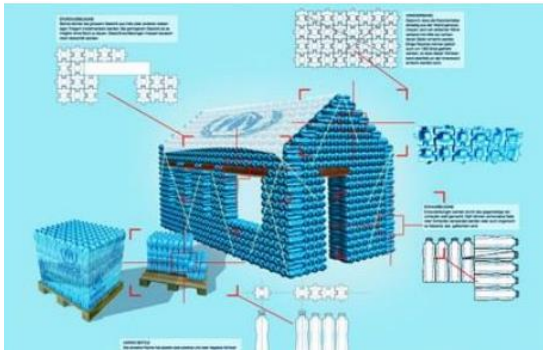


Figura: Construcciones con botellas de plástico y tierra
Fuente: Fabio Gatti



Figura: Técnica de superadobe
Fuente: Fabio Gatti



Figura: Técnica de superadobe
Fuente: Fabio Gatti

La mezcla lleva tierra y un 5% de cemento y agua. Sin llegar a ser barro. El punto justo de mezcla se lo puede ver cuando se toma un puñado, se compactamos con la mano, y al arrojarlo para arriba y caer en la mano nuevamente sin desarmarse



Figura: Técnica de superadobe
Fuente: Fabio Gatti

Bolsa de polipropileno, las cuales se llenaran con la mezcla, En medio de las bolsas se coloca una hilada de alambre de púas, esto hace que las bolsas se traben, para que no se deslicen



Figura: Técnica de superadobe
Fuente: Fabio Gatti

CAPITULO III
TÉCNICAS TRADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA Y NORMA
TÉCNICA COLOMBIANA NSR -10

9. RESISTENCIA SÍSMICA DE LAS TÉCNICAS TRADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN EN TIERRA

La tierra ha venido ocupando un importante espacio en el debate sobre su uso y normalización como material de construcción, conllevando a que en muchos países esté reglamentada la utilización de tierra cruda como material apto de construcción, de tal manera, que países como Nueva Zelanda, Brasil, Perú, entre otros cuentan con un importante sistema de normatividad sobre este asunto, diseñado a partir de las diversas técnicas que existen para construir en tierra y considerando factores como sismo resistencia, durabilidad, estabilidad entre otros que deben tenerse en cuenta.

(...) las normas SAZS 724 e IS 2110 son exclusivas para tapial. Conteniendo disposiciones únicamente para adobe se encuentra la peruana NTE E 080 (35) y, para adobe estabilizado con asfalto, la NTP 331.201, NTP 331.202 y NTP 331.203. Regulando sólo el bloque de tierra comprimido se hallan la francesa XP P13-901, la colombiana NTC 5324 (20), la keniana KS 02-1070, la colección de la regional africana ARS 670 a ARS 683 , las NT 21.33 y NT 21.35 y la norma española UNE 41410. La brasileña es exclusivamente de bloque de tierra comprimido, excepto la norma NBR 13553 que comprende pared monolítica. Las normas indias IS 2110 e IS 1725 regulan el tapial (paredes de suelo-cemento) y el BTC respectivamente. La NMAC 14.7.4 trata fundamentalmente las tres técnicas principales, aunque también incluye quemados y terrones. La más completa de las trece es la neozelandesa, colección formada por las NZS 4297, NZS 4298, NZS 4299, que comprende adobe, bloque de tierra comprimido y tapial, así como tierra vertida. Sólo de forma informativa ofrece también recomendaciones para cob y adobe in-situ. Como se observa, sólo dos tratan a

la vez las tres técnicas principales, NMAC 14.7.4 y las NZS .Es de resaltar que de los quince grupo de normas, once dedican parte o la totalidad de su norma al bloque de tierra comprimido. En cuanto a contenido, podemos decir que el documento más amplio y completo es el trío neozelandés, pues comprende desde requisitos de materiales y construcción a cuestiones de diseño estructural y de durabilidad de las edificaciones de tierra, y tanto para adobe como para bloque de tierra comprimido o tapial.⁵¹

En las siguientes imágenes, se evidencia algunas de las normas sobre arquitectura en tierra que existen en diferentes países, incluyendo el material sobre el que se expide la norma.

País	Norma/Reglamento	ORG	REF	EST	Adobe	BTC	Tapial	Notas
Brasil	NBR 8491, 1986.	ABNT	7	X		X		BTC estabilizado con cemento especifica, métodos de ensayo.
	NBR 8492, 1986.		8					
	NBR 10832, 1989		9					Procedimiento fabricación BTC con prensa manual/hidráulica
	NBR 10833, 1989		10					
	NBR 10834, 1994.		11					Especificaciones y métodos de ensayo de bloques de suelo- cemento
	NBR 10835, 1994		12					
	NBR 10836, 1994		13					
	NBR 12023, 1992		14					
	NBR 12024, 1992		15					
	NBR 12025, 1990		16					
	NBR 13554, 1996		17					Métodos de ensayo para suelo-cemento
	NBR 13555,1996		18					
NBR 13553, 1996	19							
Colombia	NTC 5324,2004	ICONTEC	20	X		X		Tapia con cemento
EEUU	NMAC, 14.7.4, 2004	CID	21		X	X	X	Estabilizado con cemento
	ASTM E2392 M-10	ASTM	22		X		X	Reglam. Estatal de Nuevo México.

⁵¹CID – FALCETO, Jaime; MAZARRÓN, Fernando y CAÑAS GUERRERO, Ignacio. *Óp. Cit.*

España	UNE 41410:2008	AENOR	23			X		Primera norma Europea
Francia	XP P13-901,2001	AFNOR	24			X		Norma experimental
India	IS 2110 : 1980	BIS	25	X			X	Paredes de suelo-cemento
	IS 1725 : 1982.	BIS	26	X			X	
	IS 13827 : 1993	BIS	27			X	X	Directrices resistencia a terremotos
Italia	Ley nº 378, 2004		28			X	X	Leyes para la conservación del patrimonio de tierra
	L.R. 2/06 2 2006		29					
Kenya	KS 02-1070: 1999.	KEBS	30	X			X	
Nigeria	NIS 369:1997.	SON	31	X			X	
Nueva Zelanda	NZS 4297, 1998.	SNZ	32					
	NZS 4298, 1998.		33		X	X	X	
	NZS 4299, 1999.		34					
Perú	NTE E 0.80, 2000	SENCICO	35			X		
	NTP 331.201, 1979	INDECOP I	36					
	NTP 331.202, 1979.		37	X		X		
	NTP 331.203, 1979.		38					
Regional África	ARS 670, 1996	ARSO	39					
	ARS 671, 1996		40					
	ARS 672, 1996		41					
	ARS 673, 1996		42					
	ARS 674, 1996		43					
	ARS 675, 1996		44					
	ARS 676, 1996		45				X	
	ARS 677, 1996		46					
	ARS 678, 1996		47					
	ARS 679, 1996		48					
	ARS 680, 1996		49					
	ARS 681, 1996		50					
	ARS 682, 1996		51					
	ARS 683, 1996		52					
Sri Lanka	SLS 1382-1:2009	SLSI	53	X			X	Bloques de suelo comprimido estabilizados
	SLS 1382-2:2009		54					
	SLS 1382-3:2009		55					
Túnez	NT 21.33:1996	INNORPI	56				X	En francés
	NT 21.35:1996		57					En francés
Turquía	TS 537, 1985.	TSE	58	X				En turco
	TS 2514, 1985.		59			X		
	TS 2515, 1985.		60					
Zimbabue	SAZS 724, 2001.	SAZ	61				X	

Abreviaturas: ORG (Organismo); REF (Referencia, ver en bibliografía el número); EST (Estabilización, si solo contempla el uso de tierra estabilizada)

Listado de normas por países

Fuente: Las normativas de construcción con tierra en el mundo

Como puede observarse, algunos países cuyo reglamento abarcan las diferentes técnicas constructivas en tierra, sin embargo, la mayoría solamente lo hacen sobre una sola técnica constructiva, así, de acuerdo a lo que plantea Cid, Mazarrón y Cañas, una de las más completas es la norma de Nueva Zelanda, en cuya norma

no solamente se dispone sobre requisitos de los materiales para construir, sino que aborda el aspecto estructural y sísmo resistente.

Sin embargo, “en todas las normas se contempla fundamentalmente el empleo de los muros de tierra como muros resistentes, que además podrían utilizarse como no resistentes.”⁵² Por otro lado, en la normatividad sobre uso de tierra, de acuerdo a estos autores ya mencionados, se pueden destacar los siguientes aspectos: Respecto a la estabilización, la mayoría de las normas recomienda adicionar algún componente a la tierra, ya sea cemento, cal o soluciones de asfalto; por otra parte, en la totalidad de las normas citadas en el gráfico anterior, se aborda la selección de los suelos, aunque algunas especifican más que otras. Finalmente, en las normas se plantea la utilización de diferentes procedimientos de ensayos, los cuales son interesantes porque son los que validan el uso de la tierra en diferentes contextos arquitectónicos.

Perú es uno de los países donde la tierra, específicamente la técnica de tapial ha sido incorporada como material de construcción, dando como resultado a la actual Norma E.080 que surgió como resultado de 18 años de investigación y experiencias de terremotos de Chile y Perú. La anterior norma peruana solamente contemplaba el adobe, en esta norma vigente aparece el tapial reforzado como material de construcción:

La norma se refiere a las características mecánicas de los materiales para la construcción de edificaciones de tierra reforzada, al diseño sísmo resistente para edificaciones de tierra reforzada, a los elementos estructurales fundamentales de las edificaciones de tierra reforzada así como al comportamiento de los muros de adobe y tapial, de acuerdo a la filosofía de diseño sísmo resistente.

Las edificaciones de tierra deben ser construcciones reforzadas para conseguir el comportamiento siguiente: a) Durante sismos leves, las edificaciones de tierra reforzada pueden admitir la formación de fisuras en los muros. b) Durante sismos moderados, las edificaciones de tierra reforzadas pueden admitir fisuras

⁵² Ibíd. pág. 165

más importantes, sin embargo están controladas por refuerzos, sin producir daños a los ocupantes. La estructura debe ser reparable con costos razonables. c) Durante la ocurrencia de sismos fuertes, se admite la posibilidad de daños estructurales más considerables, con fisuras y deformaciones permanentes, pero controladas por refuerzos. No deben ocurrir fallas frágiles y colapsos parciales o totales, que puedan significar consecuencias fatales para la vida de los ocupantes.

La norma se orienta al diseño, construcción, reparación y reforzamiento de edificaciones de tierra reforzada, inspirada en el desarrollo de una cultura de prevención de desastres y en la búsqueda de soluciones económicas, seguras, durables, confortables y de fácil difusión (...)⁵³

En esta norma, tanto el tapial como de adobe deben cumplir unos requisitos basados en la sismoresistencia, por ello, el reforzamiento estructural cobra una especial importancia como medida para evitar desastres ocasionados por diferentes tipos de sismo que puedan presentarse. Dicha incorporación de la tapia no solamente es novedoso, sino que contribuye a reafirmar la validez de la tierra como elementos válidos de construcción, por tanto, dicha norma contempla variedad de elementos esenciales en la construcción tanto de tapial como adobe y plantea las consideraciones para la intervención de edificaciones de obras patrimoniales en tierra.

En otros países latinoamericanos como Brasil, Chile, Argentina y México, si bien es cierto que existen normas técnicas que reglamentan el uso de la tierra, no aplica para construcciones nuevas, sino para el reforzamiento estructural de las ya existentes, sin embargo, se vienen adelantando importantes esfuerzos para que sea permitido el uso de la tierra más allá del reforzamiento sino como material de construcciones nuevas.

Para el caso específico de Colombia y para los propósitos de esta investigación es pertinente establecer la relación que existen entre las técnicas tradicionales de

⁵³ DIARIO OFICIAL EL PERUANO. *Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Perú: 2017. Pág. 4

construcción (adobe, tapia pisada y bahareque) y la resistencia sísmica, sobre todo porque la normatividad en sismo resistencia NSR-10 no considera la tierra como material apto de construcción.

Antes de abordar la resistencia sísmica de las construcciones en tierra, es importante aclarar que Colombia pertenece al Cinturón de Fuego del pacífico, una ubicación geográfica que le hace vulnerable a eventos sísmicos y volcánicos por situaciones endógenas de la conformación terrestre. Se ha calculado que aproximadamente en el país ocurre un promedio de dos temblores⁵⁴ que varían de acuerdo al lugar y las condiciones geológicas y morfológicas.

“El territorio colombiano presenta diferentes niveles de amenaza sísmica (alta, intermedia y baja), determinados por la información sísmica registrada a nivel histórico e instrumental, así como por probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos. En general, el 83% de la población está ubicada en zonas de amenaza sísmica intermedia y alta.”⁵⁵

La norma sismo resistente colombiana NSR -10 es bastante cerrada y solamente considera como materiales aptos de construcción el concreto, estructura metálica, la mampostería confinada y madera, descartando de tajo la tierra, requiriendo que para poder utilizarla sea necesario adelantar un trámite ante la Comisión Asesora Permanente de Construcciones.

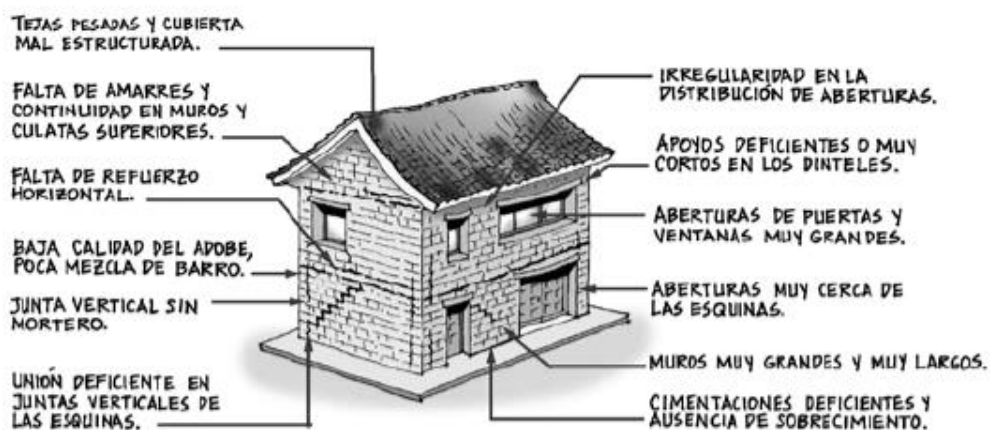
⁵⁴ Información obtenida de Periódico El Colombiano (22 de abril de 2016) disponible en <http://www.elcolombiano.com/antioquia/construcciones-en-antioquia-ante-amenaza-por-sismos-BE4017245>

⁵⁵ INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DEL RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO. Caracterización General del Escenario de Riesgo Sísmico. Alcaldía de Bogotá. Disponible en <http://www.idiger.gov.co/rsismico>

9.1 RESISTENCIA SÍSMICA DEL ADOBE Y TAPIA PISADA

Algunos estudios han podido comprobar que el adobe y la tapia pisada tienen una más baja resistencia sísmica que el bahareque, de acuerdo a Yamín, Bernal, Reyes y Valencia “Las edificaciones de adobe y tapia pisada presentan usualmente unas características constructivas que contribuyen a aumentar su vulnerabilidad sísmica. Frecuentemente la edad de estas edificaciones y el deterioro de las propiedades mecánicas de sus materiales llevan a una disminución adicional de su capacidad de soportar un terremoto.”⁵⁶

Por otra parte, otros aspectos que hacen que el adobe y la tapia tengan menor capacidad de resistencia sísmica tienen que ver con la conservación y realización de la obra, muchas veces, estas construcciones son realizadas sin ningún tipo de diseño y sin tener en cuenta parámetros arquitectónicos esenciales para que tengan resistencia y durabilidad, así mismo, no se les realiza el mantenimiento requerido, haciendo que con el paso del tiempo se deterioren y su vida útil disminuya.



⁵⁶ YAMÍN LACOUTURE, Luis Eduardo. BERNAL PHILLIPS Camilo. REYES ORTIZ Juan Carlos y RUIZ VALENCIA Daniel. Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. Revista Apuntes vol. 20, núm. 2 (2007). págs. 286-303

Figura: Deficiencias estructurales

Fuente: Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe

“En conclusión el adobe y la tapia pisada presentan una alta vulnerabilidad sísmica principalmente debido a la poca resistencia a la tensión del material, que origina prácticamente nula resistencia a la flexión y esfuerzos resistentes de tensión y a la ausencia de ciertas características y componentes estructurales, como el confinamiento, continuidad de elementos principales y otros.”

Los principales factores que contribuyen a aumentar la vulnerabilidad sísmica de viviendas en adobe y tapia pisada son: irregularidades en planta y en altura, distribución inadecuada de los muros en planta, pérdida de la verticalidad –o plomo– de los muros, problemas de humedad, filtraciones, conexión inadecuada entre muros, pérdida de recubrimiento de muros, uso de materiales no compatibles, entresijos pesados y ausencia de diafragmas, apoyo y anclaje inadecuado de elementos de entresijo y cubiertas sobre muros, entresijos muy flexibles, luces muy largas y estructuración de cubierta deficiente.⁵⁷

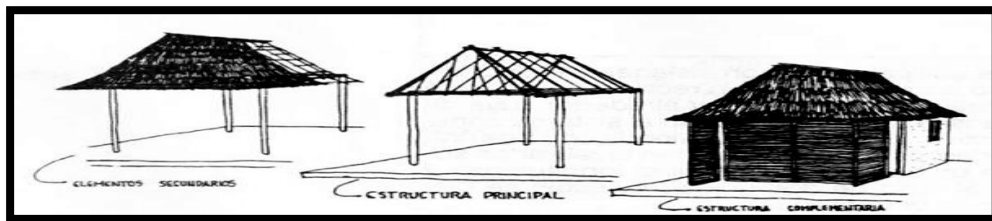


Figura: proceso constructivo sin conocimientos antisísmicos

Fuente: Sistemas de Bibliotecas Sena

Debe reconocerse que muchas construcciones en adobe y tapia datan de muchos años de antigüedad, sufriendo daños de posibles eventos telúricos anteriores y los conocimientos aplicados en su construcción para tener un diseño antisísmico no era tan avanzado como en la actualidad.

Por otra parte, César Loaiza en su investigación sobre sismicidad en Perú y relación con construcciones en tierra, manifiesta que en muchas ocasiones las fallas en construcciones en adobe y tapia obedecen a cuestiones estructurales, es decir, a la poca adherencia que puede producirse entre el mortero y el adobe o

⁵⁷ Ibíd. pág. 288

entre las tapias. Conllevando a que se presenten fallas por flexión, por corte o volteo.

Falla por Flexión: las fuerzas sísmicas que actúan sobre los muros producen esfuerzos de tracción en los encuentros de muros transversales y en las esquinas superiores. Debido a la poca resistencia a la tracción de los muros, se generan grietas en la parte superior, ocasionando la separación de los muros (Fig. 3).

Fallas por Corte: cuando las fuerzas horizontales actúan paralelas al plano del muro generan grietas por esfuerzo cortante, las que generalmente presentan una orientación diagonal siguiendo las juntas verticales y horizontales de los adobes (falla escalonada) En el caso del tapial se produce la falla por corte – fricción, la cual consiste en el desplazamiento a lo largo de las juntas horizontales del muro, dividiéndolo en bloques que colapsaran por volteo.

Falla por Volteo: una vez separados los muros debido a la falla de sus uniones, éstos se comportarán como sólidos rígidos independientes, los que serán sometidos a grandes fuerzas sísmicas. Estas fuerzas generarán momentos actuantes que serán contrarrestados por el peso de los muros. Si el momento actuante es mayor al resistente, el muro se desploma y colapsa el techo.⁵⁸

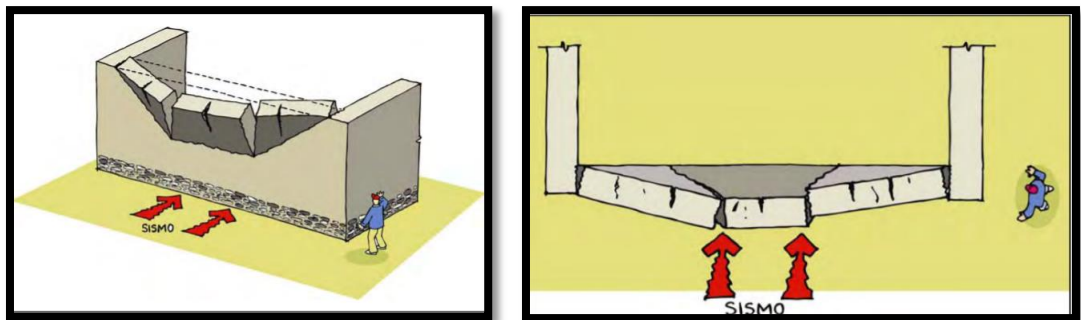


Figura: Falla por flexión – Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

⁵⁸LOAIZA, Cesar. Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú: contribución a la enciclopedia mundial de las de las Construcciones de Vivienda en Áreas Sísmicas. Perú: 2002

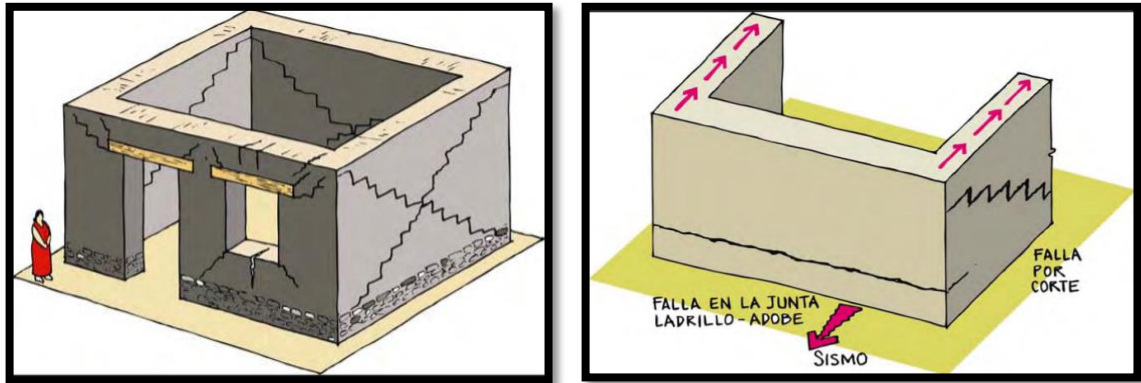


Figura: Falla por corte

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

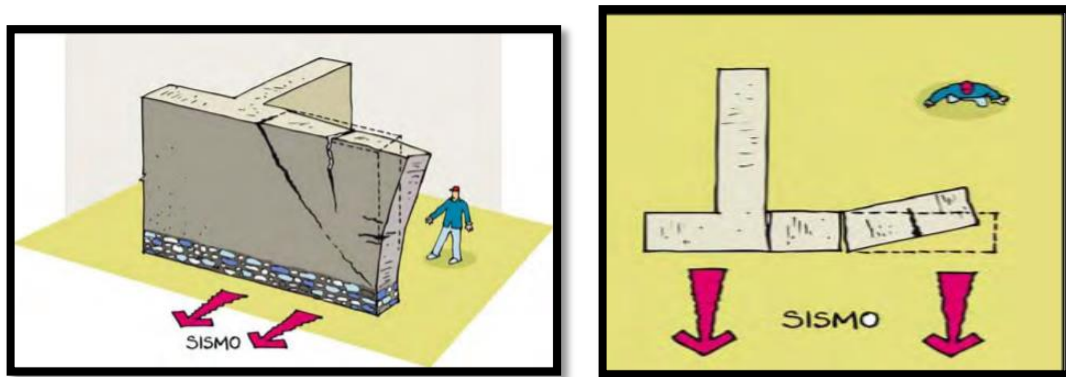


Figura: Falla por volteo

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica

Lo expuesto hasta aquí no implica que el adobe o la tapia no puedan ser construcciones seguras o que no sean sísmo resistentes, pues la historia ha demostrado que muchas de estas edificaciones han logrado soportar diferentes eventos telúricos y mantenerse en pie; la sísmo resistencia más que ser una cuestión de materiales es una cuestión que involucra técnica, adecuada cimentación y conocimiento,

Clara Eugenia Sánchez, quién ha realizado diferentes investigaciones sobre la arquitectura en tierra, manifiesta que para construir con este material es esencial

tener cuenta tres principios que son los que generan el sismo resistencia: “la materia prima, el contexto donde se desarrolle (condiciones climáticas) y las condiciones geográficas. Por lo tanto, de cumplir con todos estos requisitos probablemente se mantengan hasta 100 ó 200 años en buen estado.”⁵⁹

Las construcciones en tierra, no pueden ser excluidas de los procesos arquitectónicos, sino por el contrario dársele la importancia que en algún momento tuvo, más cuando en Colombia, un gran porcentaje de edificaciones están construidas con tierra y la NSR – 10 no ha dado tal relevancia a este material, tanto para construcciones nuevas como para las ya existentes, generando que se afecte la posibilidad de que las construcciones en tierra puedan resistir a situaciones sísmicas dificultando una adecuada intervención con materiales compatibles.

En este sentido, debe mencionarse que tanto en las construcciones con adobe como de tapia aspectos relacionados con la forma inciden en comportamiento estructural de la construcción, por ello, algunas edificaciones antiguas han logrado soportar eventos sísmicos y los embates del tiempo, la forma como fueron dispuestos los elementos constructivos permiten que las cargas se repartan generando una mayor resistencia mecánica. Si el adobe como la tapia puede complementarse con otros materiales como cal, cemento o elementos asfálticos, esta resistencia a movimientos telúricos será mejor.

⁵⁹ UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Adobe y ladrillo: ¿cuál resiste más los sismos? Disponible en <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/ediciones/104/16.html> Recuperado el 20 de junio de 2018

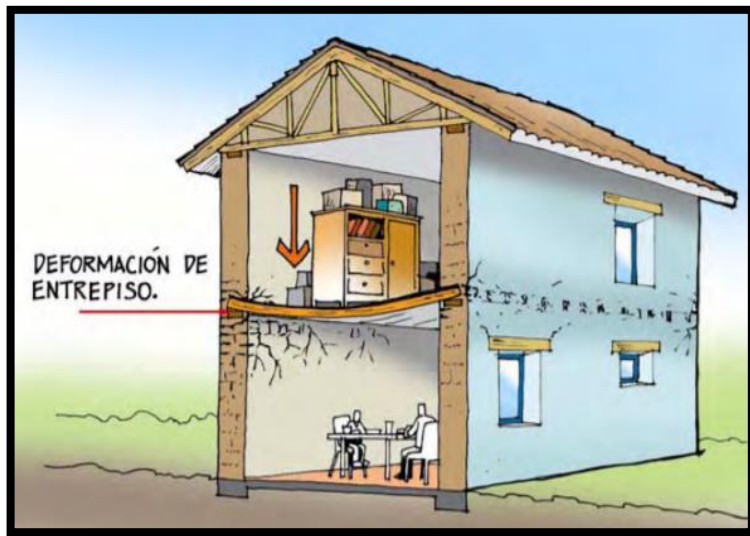


Figura: Formas de construcciones en tierra

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica- 2014

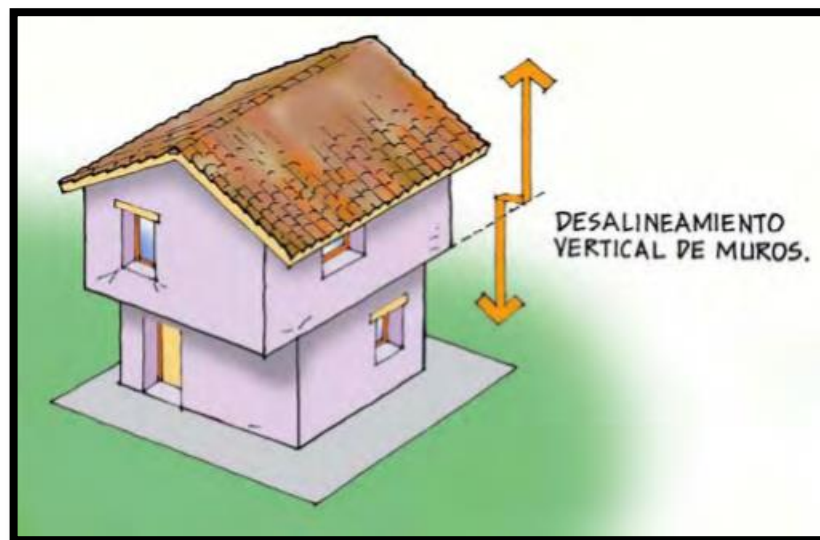


Figura: vivienda de dos pisos en tierra

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica- 2014

El caso peruano es un claro ejemplo de cómo el reforzamiento estructural de construcciones preexistentes ha permitido resistir a sismos bastante fuertes, el entramado de los adobes así como las construcciones en forma trapezoidal son una fuente importante para comprender como los materiales combinados con una

buena forma hacen resistente una estructura en tierra, por tanto, los muros anchos brindan resistencia y estabilidad frente a una posible volteo.



Figura: Puerta de Forma Trapezoidal

Fuente: El misterio de ollantaytambo - Axier Auge-2012

El espesor mínimo del muro es de 0.40 m. (...) Los muros deben tener arriostres horizontales (entrepisos y techos) así como arriostres verticales (contrafuerte o muros transversales). La densidad de muros en la dirección de los ejes principales debe tener el valor mínimo indicado según tipo de edificación. De ser posible, todos los muros deben ser portantes y arriostrados y tener una planta simétrica respecto a los ejes principales.⁶⁰

⁶⁰ POZZI-ESCOT, Denise; BERNUY, Katiusha; TORRES PECEROS, Henry y ACHING VÁSQUEZ, Jorge. Sismo-Resistencia de las construcciones en tierra del Santuario Arqueológico De Pachacamac. Ministerio de Cultura del Perú. s.f.

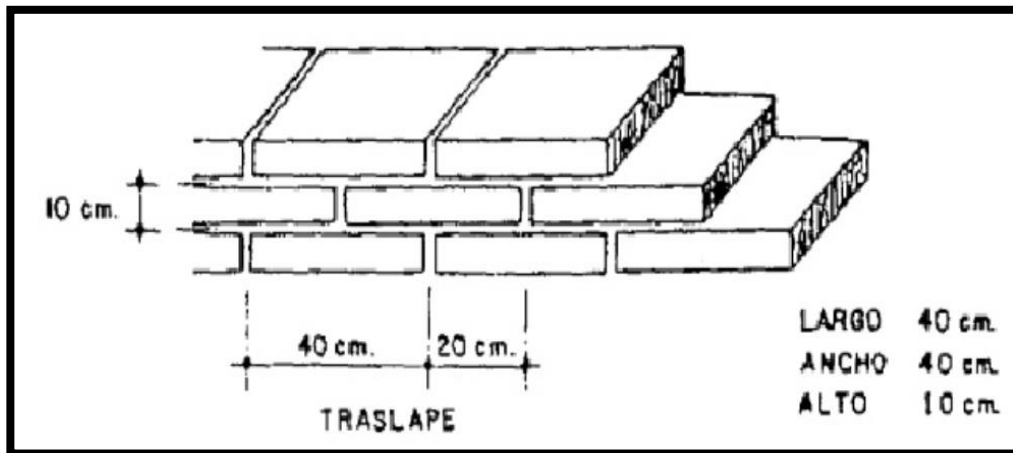


Figura: Espesores de muros

Fuente: Universidad Peruana Los Andes. Facultad de Ingenierías

De acuerdo a Elizabeth Acero Matallana,

Estudios de resistencia de materiales realizados en años recientes, han demostrado que los muros de tapia soportan en promedio un 40 % más esfuerzos de compresión, tensión y cortante que aquellos edificados en adobe; por lo que es importante realizar caracterizaciones físicas, químicas y mecánicas de nuestras técnicas para ir implementando una base de datos que permita establecer más nítidamente las resistencias reales de este MATERIAL. Vale la pena resaltar que una de las regiones con mayor sismicidad en Colombia, como el departamento de Santander, específicamente Barichara, aún conserva la técnica de tapia pisada, como una de sus mayores riquezas patrimoniales, la cual usa en sus construcciones nuevas.⁶¹

Así las cosas, tanto el adobe como la tapia con una adecuada implementación estructural se consideran materiales sismo resistentes, su mayor ventaja radica en la composición química y física que poseen, por ello, los estudios de textura como elasticidad de los materiales son un punto a considerar dentro de lo que implica la norma en sismo resistencia.

⁶¹ ACERO MATALLANA, Elizabeth. Aproximación al comportamiento estructural de edificaciones en tierra de la arquitectura colonial. Consideraciones para el inventario de bienes del ministerio de cultura y la norma de sismo resistencia colombiana. (Trabajo de Grado Maestría). Universidad Nacional de Colombia: 2012

En este sentido, sería interesante que la NSR -10 retomara o ampliara sus investigaciones a contextos más amplios para que comenzara a considerar la tierra como material apto de construcción, la norma Neozelandesa, Alemana, Italiana y Suiza a nivel internacional, así como la Peruana en el contexto latinoamericano, ofrecen importantes elementos que enriquecen el debate sobre el uso de la tierra, sobre todo porque son normas basadas con ensayos validados, así mismo fruto de investigaciones de muchos años, cuyo resultado ha permitido que la tierra comience a retomar nuevamente un papel en la arquitectura y permitir que se cree una especie de “moda” en los países industrializados con edificaciones no solamente visualmente atractivas sino capaces de soportar eventos sísmicos.

Por otra parte, en el caso Peruano, la norma E. 080 que aborda la tapia y el adobe reforzado son un buen punto partida para que la NSR-10 vaya un poco más allá y no sólo permita utilizar la tierra para los bienes patrimoniales, sino para construcciones nuevas, abriendo así nuevas posibilidades para el grave déficit de vivienda que existe en el país, y evitar con ello que en algunos sitios se sigan haciendo construcciones en adobe, tapia o bahareque sin cumplir los más mínimos requisitos arquitectónicos, pues lamentablemente, se hace como una solución a un problema básico.

9.2 RESISTENCIA SÍSMICA DEL BAHAREQUE O QUINCHA

Las técnicas de construcción mixta como el bahareque ofrecen una mayor flexibilidad, de ahí que se considere como una técnica de construcción en tierra del alta resistencia sísmica, dichas propiedades son dadas gracias a los materiales utilizados en el entramado o esqueleto pueden soportar diferentes tipos de cargas verticales y horizontales tanto estáticas como dinámicas. "La existencia

de varias columnas y horcones en una misma pared de bahareque, las cuales están unidas a una solera superior, le proporcionan al bahareque la característica estructural de los pórticos múltiples; las cargas se reparten mejor entre ellos.”⁶²

De esta manera el bahareque con la mezcla de cañas, ramas y otra materiales vegetales correctamente estructurados, se convierten en una especie de “armadura” que pueden proteger la edificación de sufrir daños ante un eventual sismo, ya que su armazón tiene la capacidad de absorber las fuerzas laterales que se producen con un sismo.

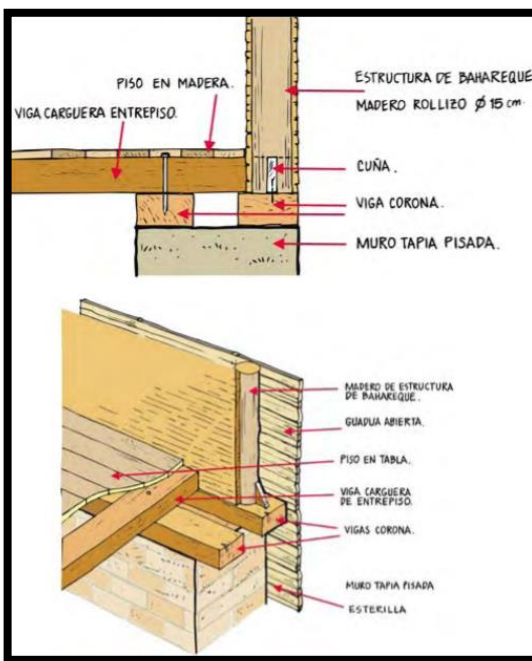


Figura: Estructura, muros en bahareque

Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica-2014

Las varas mejoran las características a corte y a tracción de la pared. Esta inferencia puede deducirse observando algunos casos de deterioro del

⁶² HENNEBERG DE LEÓN, Andrea Mara. “Tradición constructiva del bahareque y su resistencia sísmica”. En: Arquitectura en tierra. Patrimonio Cultural. XII CIATTI. Congreso de arquitectura en tierra en Cuenca de Campos 2015. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2015. págs. 17-24

bahareque después de un movimiento sísmico, en el cual el enlatado se mantuvo relativamente intacto y unido a los horcones. La capacidad de absorber estas fuerzas horizontales aumenta a medida que sea más rígida la unión entre el horcón y la vara. (...) las varas del enlatado junto al revoco le proporcionan una resistencia adicional al entramado de madera, haciéndolo más rígido en el plano paralelo a su eje (...) El hecho de que las edificaciones de bahareque hayan sobrevivido con menor daño a varios sismos acaecidos en diferentes países latinoamericanos demuestra cierta resistencia antisísmica gracias a sus características formales y constructivas, la disposición y unión de las diferentes partes que conforman el bahareque y las características de los materiales empleados.⁶³

Estos aspectos planteados por Andrea León, sustentan lo que anteriormente se había afirmado, y es que la resistencia sísmica más que una cuestión de materiales es un asunto de técnica constructiva y del estado de conservación de la construcción, por lo tanto, se puede decir que “las propiedades sismo resistentes del bahareque superan su vulnerabilidad sísmica, lo cual constituye una de las razones por lo que la técnica del bahareque haya podido perdurar por tanto tiempo.”⁶⁴

Vale anotar que las propiedades sismo resistentes del bahareque, son posibles con un adecuado complemento estructural, y que es una técnica válida de construcción en Colombia, de acuerdo a Ortiz y Pinto, “la tierra. En Colombia ya tiene permiso por parte de la Norma Sismo Resistente de 2010, conocida en el medio de la construcción como NSR-10, siempre y cuando sea combinada con guadua mediante el sistema constructivo del bahareque”⁶⁵

⁶³ Ibíd. pág. 20

⁶⁴ Ibíd. pág. 21

⁶⁵ ORTIZ, Lina Alejandra y PINTO, Dilan José. Construcción sismo resistente sostenible adaptada al cambio climático. Universidad Católica de Colombia (Trabajo de Grado). Bogotá: 2016

10. ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NSR -10 FRENTE A LAS CONSTRUCCIONES EN TIERRA

De acuerdo a la Comisión Asesora Permanente del Régimen de Construcciones Sismo Resistentes se entienden por normas sismo resistente aquellas que:

“presentan requisitos mínimos que, garantizan que se cumpla el fin primordial de salvaguardar las vidas humanas ante la ocurrencia de un sismo fuerte. No obstante, la defensa de la propiedad es un resultado indirecto de la aplicación de los normas, pues al defender las vidas humanas, se obtiene una protección de la propiedad, como un subproducto de la defensa de la vida.”⁶⁶

De acuerdo a esto, la sismo resistencia se refiere en arquitectura a las condiciones de resistencias que deben tener construcciones para que por una parte protejan la vida de las personas que están al interior de un inmueble y por otro lado evitar el menor daño posible en la estructura ante un eventual movimiento telúrico.

Aunado a lo anterior, se puede retomar el planteamiento de la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica:

Se dice que una edificación es sismo resistente cuando se diseña y se construye con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales y con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de las fuerzas causadas por sismos frecuentes (...) no existen edificios totalmente sismo resistentes. Sin embargo, la sismo resistencia es una propiedad o capacidad que se le provee a la edificación con el fin de proteger la vida y los bienes de las personas que la ocupan. Aunque se presenten daños, en el caso de un sismo muy fuerte, una edificación sismo resistente no colapsará y contribuirá a que no haya pérdidas de vidas ni pérdida total de la propiedad.⁶⁷

⁶⁶ COMISIÓN ASESORA PERMANENTE DEL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. *Manual sobre Sismo Resistencia*. Bogotá: 2007

⁶⁷ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería*. Colombia; 2001 Disponible en: http://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersvm/mamposteria_lared.pdf

La sismo resistencia entonces, es fundamental ya que evita que las edificaciones estén expuestas a vulnerabilidades, por ello, los estudios de sismo resistencia se pueden asumir como un costo beneficio que puede prevenir situaciones y puede hacer la diferencia en caso de un terremoto.

La arquitectura en tierra en Colombia además de ser variada es numerosa, tanto así que en muchos departamentos se ha catalogado estas construcciones como parte del patrimonio inmueble del país, no sólo por su valor arquitectónico, sino también por el entramado de saberes e historia que encierran. A pesar de ello, es bastante difícil no sólo la preservación del mismo, sino la construcción de nuevos prototipos con esta técnica, debido a que la normatividad en sismo resistencia no ha logrado unificarse ni reglamentar claramente este tipo de edificaciones.

A pesar de que la tierra es un material que se ha utilizado desde hace mucho tiempo, y cuyas construcciones han pervivido a través de la historia, no ha sido fácil que en haya una normalización de este tipo de construcciones en la normatividad de sismo resistencia colombiana, existen cierto parámetros, pero que no están claramente estipulados, conllevando a que este tipo de técnicas de construcción caigan en desuso, pues ante una inexistente reglamentación, es muy poco lo que se puede hacer.

Ahora bien, es importante establecer la relación entre arquitectura en tierra y la normatividad sismo resistente, para ello es necesario comprender que Colombia es un país que presenta un riesgo sismo alto y medio, por lo cual, ha sido necesario comenzar a legislar en la forma como debe construirse en el país, adaptado a unas especificaciones y estándares que lo que busca es evitar que ocurran tragedias como las que ya han sucedido debido a la actividad sísmica del país.

En muchas regiones del país, algunas construcciones que se conservan son herencia del siglo pasados, época en la cual técnicas de construcción en tierra eran las más comunes de utilizar, sin embargo, muchas construcciones no obedecían a un adecuado diseño estructural, no por capricho, sino porque en esa época la tecnología aplicada en la construcción era diferente. El no tener en cuenta ciertos aspectos relevantes en la estructura de las construcciones, conllevó muchas veces a que los elementos propios de la geología colombiana se impusieran y causaran desastres muy grandes, como el terremoto ocurrido en Popayán en 1983 y otros eventos naturales que han puesto en jaque a la arquitectura.

Debido a esto, en el país en el año de 1984 se comenzó reglamentar la construcción, con la expedición del primer Código Colombiano de construcciones sismo resistencias, paradójicamente este código que surgió posterior al terremoto de Popayán, donde se vinieron abajo construcciones de tierra, no incorporó ninguna especificación al respecto.



11. Figura 11. Terremoto de Popayán en 1983

12. Fuente: <https://90minutos.co>



Figura 12. Popayán después del terremoto de 1983
Fuente. Horacio Cajiao

Posteriormente, en 1997 apareció la Ley 400 que actualizó este código y se creó la normal NSR 98, en la que tampoco se reglamentó con respecto a las construcciones nuevas de tierra y se omitió la forma como debían intervenir las construcciones patrimoniales ya existentes.

La norma sismo resistente colombiana no tiene una reglamentación específica para la construcción con tierra. En el título D y E de la norma NSR-98 se establecen los requisitos mínimos de diseño y construcción para las estructuras de mampostería, en edificaciones de uno y dos pisos. Estos requisitos están dirigidos a las construcciones en mampostería estructural para lograr un comportamiento apropiado e integridad estructural bajo condiciones de carga vertical permanente o transitoria, condiciones de fuerza lateral, de viento o de sismo y estados ocasionales de fuerzas anormales.⁶⁸

En el año 2010 se expide la NSR 10, sin embargo, no es mucho los cambios que se observan para legislar sobre las construcciones en tierra, tanto así, que se puede afirmar que las construcciones en tierra existentes están en una especie de limbo normativo.

Las bases conceptuales del actual código estructural provienen de normas aplicadas para un patrimonio moderno en el que no se encuentran edificaciones coloniales, llamadas así por pertenecer a la época histórica de la Colonia en

⁶⁸ SÁNCHEZ GAMA, Clara Eugenia y Otros. Óp. Cit., pág. 8

América Latina; y tampoco consideran materiales como la tierra o el bahareque (combinación de tierra y madera). Toda la normatividad estudiada y aplicada se refiere en primera instancia a edificaciones 15 relativamente modernas y con prioridad en el comportamiento del concreto armado, material por ende protagonista preponderante en la construcción moderna. Teniendo en cuenta que ni la NSR-10 ni sus antecesoras contemplan los materiales, ni las características estructurales de la arquitectura colonial.⁶⁹

Por tanto, si la actual norma de sismo resistencia que opera en el país no considera la tierra como una material de construcción, prácticamente condena a que muchas regiones del país continúen sin poder satisfacer una de sus necesidades básicas, como es la vivienda, dado que las construcciones en tierra como alternativa de construcción vernácula puede contribuir a suplir esta necesidad y no sólo por la economía sino por que retoma lo que hay en el entorno, permitiendo un equilibrio con la naturaleza y disminuyendo los gastos de traslados de otros materiales.

Aunque no se conoce con exactitud su número, en Colombia son múltiples las construcciones elaboradas con tierra que, a su vez, son de valor patrimonial. Su intervención debe cumplir el Reglamento de construcción sismo resistente, conocido como Norma de sismo resistencia – NSR 10. El problema es que esta norma no considera la tierra como material de construcción y menos los sistemas constructivos que la utilizan.

Se trasladan, entonces, exigencias propias de estructuras elásticas a aquellas cuya técnica constructiva se basa en la tapia pisada, el adobe y el bahareque, que son inelásticas. Se ha pretendido incluso cambiar el comportamiento estructural de inmuebles patrimoniales de primer orden, mediante la inclusión forzada del concreto.⁷⁰

Es claro que actualmente los sistemas de construcción han evolucionado, así como las formas de producción de los materiales, ello, de algún debe implicar que

⁶⁹ ACERO MATAALLANA, Elizabeth. Óp. Cit, págs. 14 -15

⁷⁰ MARTÍNEZ DELGADO, María Eugenia. Patrimonio cultural y reforzamiento estructural en arquitectura de tierra cruda. Imagina Bogotá. Disponible en <http://imaginabogota.com/columna/patrimonio-cultural-y-reforzamiento-estructural-en-arquitectura-de-tierra-cruda/>

se reconsideren ciertas posiciones frente a la técnicas de construcción tradicionales. El mundo en general está dando un salto hacia el sostenimiento ambiental y la disminución de la contaminación producida por el ser humano, ello ha implicado que la arquitectura reevalúe técnicas ancestrales de construcción y las adapte a las condiciones actuales que viven las sociedades, generando con ello, nuevas formas de construir a partir de elementos existentes en el medio.

Las construcciones en tierra, como parte de las construcciones vernáculas, que además de ser amables con los entornos naturales, permiten generar diferentes tipos constructivos aptos para habitar, de ello, han dado cuenta los innumerables proyectos que se están ejecutando alrededor del mundo, así como en Colombia, sin embargo, las trabas en la normatividad no permiten que estos procesos avancen y por ende, se obstaculice procesos arquitectónicos que resultan interesantes, por una parte, para demostrar que la tierra si es un material apto y pertinente para construir, que es resistente sísmicamente si se realiza con los cuidados, conocimiento y diseño requeridos. Por otra parte, se constituyen en una alternativa más económica para solucionar el déficit de vivienda que existe en el país más aún en zonas alejadas donde la construcción se encarece debido al alto costo que implica el transporte de materiales.

Si bien es cierto, que se han venido haciendo cambios en la NSR-10, estos aún son muy leves para un país, en el que un gran porcentaje de las viviendas están construidas con materiales basados en la tierra, y donde existe un gravísimo problema de vivienda digna para los colombianos.

A lo anterior se suma, las enormes dificultades que existen para la conservación del patrimonio cultural de algunos centros históricos del país, pues como se ha venido describiendo la NSR-10 contraviene las disposiciones para su preservación al no incluir la tierra como material de construcción.

La NSR-10, debe partir de considerar que la tierra es un material además de apto para construir, puede traer beneficios en diferentes lugares, por tanto, lo que debe reglamentarse más que el uso del material es la cuestión estructural y técnica, pues con los avances tecnológicos en la industria se ha demostrado todo que la tierra combinada con otros elementos de índole científico, permite que responda al comportamiento sísmico.

A esto podemos empezar a llamarlo como adobe estabilizado, que es al que se le ha incorporado otros materiales como: asfalto, cemento, cal, etc. con el fin de mejorar sus condiciones de resistencia a la compresión y estabilidad ante la presencia de humedad

Los suelos con bajo contenido de arcilla son mejor estabilizados con cemento Portland, el cual va aglomerando las partículas de arena y grava como si fuese concreto, esto permite una reacción con el agua de la mezcla de suelo para crear una sustancia que llena vacíos, recubriendo con una película de cada partícula, así va aglomerándolas todas unidas

De tal manera, que la NSR -10 debe crear alternativas de reforzamiento estructural para las edificaciones en tierra ya existentes y reglamentar para que puedan construirse nuevas sin que ello implique trámites largos, costosos y que finalmente lo que hacen es los interesados se desanimen a ejecutar proyectos sostenibles y recurran a los materiales altamente contaminantes como concreto, acero y demás.

Actualmente, existen mecanismos que permiten que las construcciones en tierra puedan resistir de forma eficaz antes movimientos sísmicos, los cuales están en relación con adecuada cimentación, la construcción de paredes y otros que están directamente relacionados con la técnica empleada para tal fin. Finalmente, la NSR- 10 debe abrirse a las actuales perspectivas mundiales en la que la tierra

viene siendo reivindicada, y en la que se está buscando quitársele aquellos apelativos relacionados con pobreza, marginalidad y ruralidad.

13. CONCLUSIONES

La arquitectura en tierra busca básicamente disminuir el impacto ambiental que generan otros materiales de construcción y además de ello demostrar que pueden construirse imponentes o sencillas edificaciones, todo depende de las técnicas y materiales que se empleen para ello. En Colombia, vienen realizándose desde hace algunos años proyectos que utilizan la tierra como material de construcción pese a las debilidades que persisten en la norma técnica colombiana, NSR -10. Esto ha permitido que se abra a su vez el debate sobre la aceptación de la tierra como material constructivo, introduciéndose leves modificaciones a la norma, pero posibilitando investigaciones para que paulatinamente se puedan hacer las reformas pertinentes y la tierra entre a hacer parte de los materiales considerados como sismo resistentes.

Cualquier construcción está expuesta a sufrir daños en un evento sísmico, la protección contra esto en las construcciones en tierra radica en los refuerzos estructurales y la adecuada implementación de materiales, por tanto, toda obra requiere estar diseñada o construida para solventar este tipo de impases así como otros relacionados con los fenómenos naturales como la lluvia, el viento, entre otros. Si una obra no está diseñada de esta forma, puede estar fácilmente expuesta a colapsar, es decir, que una obra de mala calidad, en el material que sea es un factor determinante en un evento sísmico y que tiene poca importancia dentro de las normas de sismo resistencia de Colombia.

El llamado es a buscar alternativas para que la construcción en tierra sea considerada como un material con capacidad de ser estable y sismo resistente, y que por ende requiere que los organismos gubernamentales aúnen esfuerzos para que la tierra ocupe el papel que se merece y pueda a su vez continuarse el procesos de conservación de las piezas ya existentes.

BIBLIOGRAFÍA

ESTRUCTURAL

ACERO MATALLANA, Elizabeth. Aproximación al comportamiento estructural de edificaciones en tierra de la arquitectura colonial. Consideraciones para el inventario de bienes del ministerio de cultura y la norma de sismo resistencia colombiana (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Colombia: Bogotá 2012, págs. 14 -15

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. *Manual de construcción, evaluación y rehabilitación sismo resistente de viviendas de mampostería*. Colombia; 2001 Disponible en: http://www.desenredando.org/public/libros/2001/cersrvvm/mamposteria_lared.pdf

CID – FALCETO, Jaime; MAZARRÓN, Fernando y CAÑAS GUERRERO, Ignacio. *Las normativas de construcción con tierra en el mundo*. Revista Informes de la Construcción Vol. 63, 523, Madrid, España: 2011. Págs. 159- 169.

COMISIÓN ASESORA PERMANENTE DEL RÉGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. *Manual sobre Sismo Resistencia*. Bogotá: 2007

CORPORACIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO. Evaluación de Daños y Soluciones para Construcciones en Tierra Cruda. Manual de Terreno. Chile: 2012.

DIARIO OFICIAL EL PERUANO. *Norma E.080 Diseño y Construcción con tierra reforzada*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Perú: 2017.

BARICHARA EN SANTANDER. Información General del Municipio. Disponible en <http://www.barichara-santander.gov.co/> Recuperado el 4 de junio de 2018

BATTISTELLI, Alessandra. Tecnología y patrimonio en tierra cruda en Colombia, el caso de Barichara en Santander. Politécnico di Torino. Italia: 2005

RECOPIACION HISTORICA

BATTISTELLI, Alessandra. Tecnología y patrimonio en tierra cruda en Colombia, el caso de Barichara en Santander. Politécnico di Torino. Italia: 2005

BESTRATEN, Sandra; HORMÍAS, Emilio y ALTEMIR, Anna. *Construcción con tierra en el siglo XXI*. Revista Informes de la Construcción. Vol. 66 No. 523., págs. 5-20 España: 2011.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN HÁBITAT Y ENERGÍA. Construcción con tierra. CHIHE. Buenos Aires, Argentina 2007

FUNDACIÓN TIERRA VIVA. Vegachí – Antioquia. Disponible en <https://fundaciontierraviva.org/2009/11/vegachi-antioquia/> recuperado el día 12 de junio de 2018

DURAN DIEUDONE, Serge., CASAS MATIZ, Elvia Isabel y MOLINA MOLINA, Dalila. *Estado del arte del concepto de teoría arquitectónica*. Revista de arquitectura Revista de Arquitectura., págs . 42-45. 2005

ECHEVERRÍA, María; ARBOLEDA, Elizabeth; MEJÍA, Mónica y CARDALES, Andrés. *Habitar Ciudad: Estado del arte en Medellín 1981 - 2005*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín: 2007 Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2168/1/HabitarCiudadMCE.pdf>

ECO agricultor. Casas de tierra: las ventajas del barro como material de construcción. Disponible en <https://www.ecoagricultor.com/casas-de-tierra-las-ventajas-del-barro-como-material-de-construccion/> Recuperado el 2 de junio de 2018.

ORTIZ, Lina Alejandra y PINTO, Dilan José. Construcción sismo resistente sostenible adaptada al cambio climático. Universidad Católica de Colombia (Trabajo de Grado). Bogotá: 2016

<https://muhimu.es/medio-ambiente/casas-ecologicas-superadobe/>

<http://origenhumano.blogspot.com/2012/12/el-misterio-de-ollantaytambo.html>

BURGOS UCHUQUICAÑA, *Paulo Casas Sernaque*, JENRY GAMARRA BECERRA, *Nery Gisela: Adobe Estabilizado*, disponible en: http://www.academia.edu/19393418/adobe_estabilizado

ARANGO, Gilberto. *La vivienda en Colombia en el cambio de siglo: herencias y retos*. Universidad Nacional: 2001. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/9830/1/gaeVivCol.pdf> pág. 3

VÁSQUEZ, Virginia. *Estado del Arte del Patrimonio Arquitectónico de Región de Los Ríos Chile*. Revista AUS. Chile: 2010 Disponible en <http://mingaonline.uach.cl/pdf/aus/n8/art03>

SÁNCHEZ GAMA, Clara Eugenia. *La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas*. Revista Apuntes. Vol. 20 Núm. 2 págs. 242-255. Colombia: 2007. pág. 244

PERIÓDICO EL COLOMBIANO (22 de abril de 2016) disponible en <http://www.elcolombiano.com/antioquia/construcciones-en-antioquia-ante-amenaza-por-sismos-BE4017245>

MOGOLLÓN SEBA, Jaime. Bahareque caribe. Cultura bioclimática local. S.F. Disponible

MARCHIORI, Chiara. *Arquitectura en Tierra de la prehistoria y protohistoria en el próximo oriente. Estudio arqueométrico del adobe en los yacimientos de Tell Halula, Yumuktepe y Tell quan [tesis doctoral]* Universidad Autónoma de Barcelona. España: 2015 p. 5

LÓPEZ CORREA, Julián Esteban; MARTÍNEZ MONTOYA, Julián David y VELÁSQUEZ PORRAS, Diego León. *Técnicas ancestrales de Construcción* (Trabajo de Grado) Universidad San Buenaventura. Medellín: 2014

LOZANO, Alfredo. *Evolución y uso de Materiales y Sistemas Constructivos*. Revista de Arquitectura e Ingeniería, vol. 6, núm. 3, pp. 1-6. Matanzas Cuba: 2012.

HENNEBERG DE LEÓN, Andrea Mara. "Tradición constructiva del bahareque y su resistencia sísmica". En: *Arquitectura en tierra. Patrimonio Cultural. XII CIATTI*.

NORMATIVIDAD

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

http://www.academia.edu/19393418/adobe_estabilizado, Facultad de Ingeniería Civil, Norma técnica E.080

LOAIZA, Cesar. Características sísmicas de las construcciones de tierra en el Perú: contribución a la enciclopedia mundial de las de las Construcciones de Vivienda en Áreas Sísmicas. Perú: 2002

BARICHARA EN SANTANDER. Información General del Municipio. Disponible en <http://www.barichara-santander.gov.co/> Recuperado el 4 de junio de 2018

Congreso de arquitectura en tierra en Cuenca de Campos 2015. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2015. págs. 17-24

GUERRERO BACA, Luis Fernando. Arquitectura en tierra. Hacia la recuperación de una cultura constructiva. Revista Apuntes Vol. 20 No. 2 págs. 182 – 201 México: 2007, pág. 193.

GATTI, Fabio. Arquitectura y construcción en tierra Estudio Comparativo de las Técnicas Contemporáneas en Tierra. Universidad Politécnica de Catalunya. 2012-

GONZALES REYES, Marcela. *Estado actual de la investigación en arquitectura hecha con tierra en Colombia*. En: Revista Tekne No. 11 págs. 54 -63 Bogotá: 2013 pág. 56

HERNÁNDEZ POCERO, Josune. Construcción con Tierra: Análisis, conservación y mejora un caso práctico en Senegal. Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/107822/tfg_josune%20hernandez.pdf?sequence=1&isAllowed=y (cursiva mía) Recuperado el 2 de junio de 2018

<http://caldas-aguadas.blogspot.com/> Recuperado el 15 de junio de 2018

<http://centromemoria.gov.co/obra-arquitectonica/> recuperada el día 16 de junio de 2018

<http://www.casaterracota.com/web/index.php/es-ES/casaterracota> Recuperado el 15 de junio de 2018

<https://es.wikipedia.org/wiki/Vegach%C3%AD>

INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DEL RIESGO Y CAMBIO CLIMÁTICO. Caracterización General del Escenario de Riesgo Sísmico. Alcaldía de Bogotá. Disponible en <http://www.idiger.gov.co/rsismico>

BESTRATEN, Sandra; HORMÍAS, Emilio y ALTEMIR, Anna. *Construcción con tierra en el siglo XXI*. Revista Informes de la Construcción. Vol. 66 No. 523., págs. 5-20 España: 2011.

CENTRO DE INVESTIGACIÓN HÁBITAT Y ENERGÍA. *Construcción con tierra*. CHIHE. Buenos Aires, Argentina 2007

MARTÍNEZ DELGADO, María Eugenia. Patrimonio cultural y reforzamiento estructural en arquitectura de tierra cruda. Imagina Bogotá. Disponible en <http://imaginabogota.com/columna/patrimonio-cultural-y-reforzamiento-estructural-en-arquitectura-de-tierra-cruda/>

en: <http://www.worldbamboo.net/3cmb2016/Jaime%20Mogoll%C3%B3n.docx.pdf>

PINZÓN, Ana María. En Proceso / Arquitectura para terminar: Casa Vergara, Superadobe en la Sabana Disponible en <http://www.a57.org/articulos/proyecto/En-proceso-Casa-Vergara-Superadobe>. Recuperado el 20 de junio de 2018.

POZZI-ESCOT, Denise; BERNUY, Katiusha; TORRES PECEROS, Henry y ACHING VÁSQUEZ, Jorge. *Sismo-Resistencia de las construcciones en tierra del Santuario Arqueológico De Pachacamac*. Ministerio de Cultura del Perú. s.f.

RIVERO BOLAÑOS, Santiago y DE VALDENEBRO, Francisco. *La intervención estructural en edificaciones patrimoniales construidas con tierra los vacíos en el marco normativo vigente en colombiana, sus consecuencias y nuevas perspectivas*. Sociedad Colombiana de Arquitectos: s.f. Disponible en <http://sociedadcolombianadearquitectos.org/memorias/EIP/Valdenebro.pdf>

RIVERO BOLAÑOS, Santiago. *El uso masivo de la tierra como material de construcción en Colombia*. Revista Apuntes. Vol. 20 Núm. 2 págs. 354-363. Colombia: 2007. pág. 354.

SALINERO, Julia. *Estudios Descriptivos*. Revista Nure Investigación. No. 7. 2014 Disponible en: <http://webpersonal.uma.es/de/jmpaez/websci/BLOQUEIII/DocbIII/Estudios%20descriptivos.pdf>

SÁNCHEZ GAMA, Clara Eugenia; MONTOYA GALVIZ, Juanita; VARGAS, Jenny; MARTÍNEZ, Ricardo y DELGADO, Mario. *Arquitectura de la vivienda vernácula colombiana en adobe y su relación con la norma sismo resistente*. En:

Características Físicas y de Habitabilidad del Adobe en el Altiplano Cundiboyacense. Bogotá: 2005. pág. 4

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Adobe y ladrillo: ¿cuál resiste más los sismos? Disponible en <http://historico.unperiodico.unal.edu.co/ediciones/104/16.html> Recuperado el 20 de junio de 2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Materiales modernos amenazan patrimonio arquitectónico de Aguadas (Caldas). Disponible en <http://www.manizales.unal.edu.co>

YAMÍN LACOUTURE, Luis Eduardo. BERNAL PHILLIPS Camilo. REYES ORTIZ Juan Carlos y RUIZ VALENCIA Daniel. Estudios de vulnerabilidad sísmica, rehabilitación y refuerzo de casas en adobe y tapia pisada. Revista Apuntes vol. 20, núm. 2 (2007). págs. 286-303