

MATERIALES ALTERNATIVOS ECOLÓGICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
VIVIENDAS

JESUS MANUEL LONDOÑO URIBE

Cód. 1.002.361.410

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS CIVIL Y AMBIENTAL
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
PAMPLONA

2016

MATERIALES ALTERNATIVOS ECOLÓGICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
VIVIENDAS

JESUS MANUEL LONDOÑO URIBE

Trabajo presentado como requisito, para obtener el título de ingeniero civil
Como opción de TRABAJO DE GRADO.

DIRECTOR

MARCELINO MALDONADO
Ingeniero civil

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIAS CIVIL Y AMBIENTAL
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
PAMPLONA

2016

DEDICATORIA

Principalmente dar gracias a **DIOS** por que ha estado conmigo en cada momento, guiándome protegiéndome y dándome fortaleza en cada momento de mi vida, a mi madre **Rosalba Uribe Moreno**, por su apoyo incondicional y por esa voz de aliento que me motiva a siempre seguir adelante a no darme por vencido y dar siempre un poco más, con el fin de alcanzar mis objetivos y por siempre estar ahí cuando necesite un consejo o simplemente alguien con quien poder hablar y contarle mis problemas, ¡en este instante de mi vida! darle gracias sobre todo por brindarme la confianza de poder contarle mis cosas y por confiar en mí, ¡en esto! que alguna vez fue un sueño y que ahora se hace realidad a pesar de las circunstancias.

A mi padre **Luis Gonzaga Londoño García**, por sus buenos consejos que lo único que buscan es hacer de mí una mejor persona, porque gracias a su apoyo y consejos, he llegado a lograr una de mis grandes metas, lo que para mí es sin duda alguna la herencia más valiosa que pudiera recibir, teniendo en cuenta que no existirá forma alguna de poder agradecer una vida llena de sacrificios esfuerzos y amor por parte de ustedes, quiero que sientan que el objetivo logrado también es de ustedes y que la fuerza que me ayudo a conseguirlo fue su gran apoyo, ¡los quiero mucho!

A mi familia, en general por siempre estar ahí, por brindarme ese apoyo moral que siempre he recibido de ustedes, a mi hermano **llordy londoño uribe**, por su compañía incondicional en todos estos años, y esos pequeños instantes que solo con una persona como él se pueden vivir, a mis hermanos **Luis Gonzaga** y **Cindy Viduith**, que a pesar de la distancia pero que aun así también hicieron parte de esta meta que algún día me propuse, sientan propio este título que también es de ustedes.

“Los amo familia gracias por su apoyo”

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia al tutor de esta monografía, el ingeniero **Marcelino Maldonado trigos**, excelente profesional que estuvo acompañando este proceso con la dedicación, compromiso y profesionalismo que lo caracterizan, siempre estuvo al tanto de este proyecto con el fin de guiarme en la búsqueda de una excelente presentación y sustentación con el propósito de obtener mi título de ingeniero civil.

A la **universidad de pamplona**, alma mater a la cual le guardo gran aprecio y considero mi segundo hogar, la academia a quien le debo todo en especial la gran cantidad de valores que me convierten en un profesional integral, a la cual le doy también muchas gracias por haberme recibido en aquel instante de mi vida, en el que solo contaba con muchas ganas de salir a delante y convertirme en un profesional y poder servirle a las personas.

En general a todos los docentes del programa de ingeniería civil, que aportaron un granito de arena a mi formación como profesional, por medio de cada una de las cátedras que en su momento tuve la fortuna de recibir, espero poder cumplir ahora con mi trabajo y sobre todo con la responsabilidad y el compromiso de dejar siempre en alto el nombre de mi programa y de la universidad.

Por último, darle gracias a DIOS por haberme puesto en el camino de todas esas personas que con el pasar de los años hicieron parte de mi vida; amigos, compañeros de estudio, en especial a la familia Arango sajoner, y que poco a poco se fueron convirtiendo en mi segunda familia y que directa o indirectamente, también contribuyeron para que este sueño se fuera haciendo realidad, algunas de estas personas tuvieron en mi vida mucha más transcendencia, pero a todos les guardo un infinito cariño y me siento muy feliz de haber sido parte de sus vidas y poder haber contribuido así fuera un poco en sus propósitos personales.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	7
2. TITULO	8
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
4. OBJETIVOS.....	10
4.1. Objetivos generales	10
4.2. Objetivos específicos	10
5. JUSTIFICACIÓN	11
6. DESARROLLO TEMATICO	12
6.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	12
✓ Eco vivienda;	12
✓ Materiales ecológicos;	12
✓ Pet (Poli Etilén Tereftalato);	13
6.2. MATERIALES ALTERNATIVOS PARA CONSTRUIR CASAS DE FORMA ECOLÓGICA.....	14
6.3. SISTEMAS ALTERNATIVOS	15
6.3.1. Caña brava;	15
6.3.2. Bambú en la construcción;	17
6.3.3. Adobe;	20
6.3.4. Construcción con Paja;.....	24
6.3.5. La tapia pisada;.....	26
6.3.6. Concreto sostenible;.....	31
6.3.7. Green Magic Homes;	36
6.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA CRUDA	38
6.4.1. Gran capacidad como aislante térmico:.....	38
6.4.2. Gran capacidad como aislante sonoro:	38
6.4.3. Ahorro energético en climatización:.....	39
6.4.4. Fabricación de bajo impacto ambiental:.....	39
6.4.5. Reintegración a la naturaleza:	40
6.4.6. Resistencia del material:.....	40
6.4.7. Resistencia al fuego:.....	40
6.4.8. Posibilidad de autoconstrucción:	40
6.4.9. Limitación en altura:	41

6.4.10. Vulnerabilidad ante el agua:	41
6.4.11. Debilidad sísmica:	42
6.5. LOSAS ALIVIANADAS CON BOTELLAS	42
7. CONCLUSIONES.....	46
8. RECOMENDACIONES.....	48
9. BIBLIOGRAFÍA.....	49
9.1. FUENTE BIBLIOGRÁFICA ILUSTRACIONES.....	50

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ejemplo de algunos materiales.....	13
Ilustración 2. Implementación de la caña brava en una cubierta.....	16
Ilustración 3. Cultivo de bambú.....	18
Ilustración 4. Utilización del bambú para la construcción de una cabaña.....	19
Ilustración 5. materiales para la fabricación de adobe y su resultado.....	24
Ilustración 6. Ejemplo de vivienda construida con paja.....	25
Ilustración 7. proceso constructivo de muro en tapia pisada.....	31
Ilustración 8. Uso de ceniza de cáscara de arroz para la producción de bloques.....	36
Ilustración 9. Demostración del sistema constructivo Green Magic Homes.....	38
Ilustración 10. implementación de botellas pet en placas aligeradas.....	44
Ilustración 11. fundición y vibrado de placa aligerada con botellas pet.....	45
Ilustración 12. acabado final de placas aligeradas con botellas.....	45

1. INTRODUCCIÓN

Gracias a la aparición de nuevas técnicas constructivas y elaboración de materiales alternativos para la construcción, esto ha provocado que en la actualidad podamos encontrar una inmensidad de diseños arquitectónicos que van acorde con el lugar en donde se piensa construir, la sensibilización y la concientización dentro de los procesos constructivos, han hecho que existan hoy en día algunos materiales que nacen a partir del concepto de eco-vivienda, en donde la idea principal es crear elementos que aporten al sector de la construcción a partir de materiales reciclados con un alto grado de factibilidad en el momento de construir, y en algunos casos a menor costo.

Por lo anterior y teniendo en cuenta la falta de información que hay al respecto se plantea esta monografía, como una herramienta útil que básicamente con el propósito de recopilar información y aportar un punto de vista a las ideas de los diferentes autores que podamos encontrar en la realización de este documento.

2. TITULO

MATERIALES ALTERNATIVOS ECOLÓGICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
VIVIENDAS

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

MATERIALES ALTERNATIVOS ECOLÓGICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS

Desde la antigüedad el hombre ha utilizado elementos mampuestos para darle solución a sus necesidades de tener un hábitat que le brinde seguridad y comodidad para poder establecerse como familia, algunos de estos elementos mampuestos son los elementos de barro cocido (ladrillo o bloque de arcilla).

Las ladrilleras en general emplean hornos fijos a fuego directo y a techo abierto, estos hornos genera emisiones de gases altamente tóxicos y cancerígenos, además el óxido de azufre, óxido de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y metales pesados entre otros elementos provocan irritación en la piel y ojos, problemas respiratorios y cáncer en algunas ocasiones.

Así mismo la fabricación de ladrillos, tejas y otros productos de arcilla se han convertido en un problema ecológico debido al tipo de combustible que se utiliza para su fabricación que en algunas oportunidades suele ser: leña, llantas, madera, plástico o textiles entre otros. Estos materiales emiten una gran cantidad de gases al atmosfera como monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, bióxido de azufre y partículas sólidas, otra desventaja que tiene los materiales tradicionales es; su peso, que comparado con algunos materiales ecológicos es mucho mayor.

En esta monografía se busca profundizar sobre los materiales alternativos ecológicos para la construcción de viviendas, ya que esto es una realidad y algo que podemos apreciar con mayor frecuencia cada día más, dentro del ámbito de la construcción, es básicamente el oportuno aprovechamiento de la materia prima que en algunas ocasiones es despreciada por que no tenemos conocimiento de las propiedades físicas o químicas que pueden llegar a tener.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivos generales

- ✓ Determinar alternativas para la construcción de viviendas ecológicas basadas en materiales amigables con el medio ambiente y que a su vez cumplan con las normas de seguridad mínimas en una vivienda.

4.2. Objetivos específicos

- ✓ Investigar sobre el comportamiento y funcionamiento de los elementos de una vivienda contruidos con material reciclable, basado en antecedentes de construcciones ecológicas.
- ✓ Establecer los materiales amigables con el medio ambiente, que puedan ser utilizados en la construcción de viviendas.
- ✓ Identificar la normatividad vigente que abarque todo lo relacionado con estos materiales utilizados en construcciones ecológicas.

5. JUSTIFICACIÓN

En respuesta a los diferentes problemas de contaminación ambiental que se viven en la actualidad surge la necesidad de nuevos sistemas constructivos agradables con el medio ambiente, que logren optimizar los recursos naturales y de esta manera minimizar el impacto ambiental que generan los sistemas constructivos tradicionales.

El sector de la construcción tiene la posibilidad de contribuir en gran parte con el medio ambiente ayudándose de algunos recursos naturales y de elementos que encontramos en nuestra cotidianidad y que se pueden reciclar, todo esto también con el propósito de generar conciencia en la ciudadanía y el sector de la construcción, desarrollando diferentes alternativas basadas en el criterio profesional que creen soluciones a problemas sociales y ambientales.

La construcción ecológica consiste en la reutilización de materiales, aprovechando los beneficios que estos nos ofrecen sin dejar de lado la seguridad e integridad de las personas y la normatividad legal que acaparan este tipo de construcciones.

Una posible solución a esta problemática sería la implementación de materiales ecológicos basado en; escombros que puedan ser reutilizados en la construcción, botellas PET, la guadua, caña brava entre otros, esto como alternativa viable y sostenible, estos materiales ecológicos tendrían un proceso de fabricación a bajos costos, son ligeros, manejables y adaptables a todo tipo de construcción disminuyendo gastos, peso en la estructura y contaminación en el medio ambiente.

6. DESARROLLO TEMATICO

6.1. GLOSARIO DE TÉRMINOS

✓ **Eco vivienda;**

Es una vivienda construida con materiales que no dañen el medio ambiente ni al futuro usuarios. Son viviendas sanas que favorezca el desarrollo psicosomático del usuario, son viviendas que están acordes con su entorno físico así como su medio ambiente, son viviendas que son optimizadores de recursos.

Es así, que un proyecto atento a los condicionantes ambientales “funciona” mejor en el ámbito energético, a nivel de gestión mantenimiento y hasta al nivel de calidad del espacio que se crea.

Dando así con todo esto un resultado de mayor calidad en la vivienda. - (ARQUBA, s.f.)

Estas viviendas son muy conocidas por mitigar el impacto ambiental que causan las construcciones tradicionales en su mayoría están fabricadas con materiales amigables con el medio ambiente, o llamados también “materiales ecológicos”.

✓ **Materiales ecológicos;**

Este tipo de materiales, no son más que aquellos que la propia naturaleza proporciona y que se han venido utilizando en la construcción de viviendas durante miles de años: madera, barro, corcho, mármol, etc. y a los que se les pueden añadir nuevos materiales para lograr una utilización ecológica de los mismos: termoarcilla, sudorita, geotextiles, bioblock, celenit, cables afumex, arlita, heraklith, pinturas biofa. - (VIVIENDA saludable , s.f.)

Este tipo de materiales son con los que se llevan a cabo las construcciones ecológicas o (eco-viviendas), también podemos obtener materiales ecológicos por medio del reciclaje de algunos elementos utilizados muy seguido en nuestra vida cotidiana o de escombros, cuando hablamos de estos materiales no solo podemos hacer referencia a lo que nos brinda la naturaleza.

✓ **Pet (Poli Etilén Tereftalato);**

El PET es una resina plástica derivada del petróleo que pertenece al grupo de los materiales sintéticos denominados Poliéster. Es un termoplástico lineal el cual fue desarrollado inicialmente para hacer fibras textiles.

Debido a sus excelentes propiedades intrínsecas se empezó a utilizar para la fabricación de envases. Actualmente es la resina más comúnmente utilizada para la elaboración de contenedores de bebidas carbonatadas por su excelente capacidad para contener gases y su excelente capacidad de ser translucido como el vidrio. - (maxi-pet, s.f.)

Es la denominación o sigla que recibe el (Poli Etilén Tereftalato) elemento utilizado para la fabricación de botellas que conocemos común mente como “botellas de plástico” y hace parte de la amplia gama de materiales ecológicos que podemos encontrar en nuestro medio.



“Ejemplo de algunos materiales”

FUENTE:(http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/materiales_reciclables.jpg) [1]

6.2. MATERIALES ALTERNATIVOS PARA CONSTRUIR CASAS DE FORMA ECOLÓGICA

Las construcciones ecológicas son cada vez más demandadas; en este tipo de obra las preocupaciones son diferentes de las normales. Se preocupa con la localización y tipo de terreno, captación de energía solar, uso del agua, como aprovechar la ventilación natural, todos es pesado para reducir el uso de los recursos naturales y los impactos ambientales.

Los materiales para este tipo de construcción también deben ser sostenibles. Conozca, a continuación, los mejores materiales alternativos para construir una casa ecológica sostenible y cuidar el medio ambiente.

Entre los ítems más utilizados están los ladrillos y cemento ecológico, tintas minerales y materiales para tejado alternativos, como el bambú, por ejemplo. Son materiales más caros, pero acaban saliendo baratos si piensas en cuanto reducen los problemas ambientales.

El ladrillo ecológico, por ejemplo, es hecho con un prensado de tierra y cemento, por esa razón, no involucra energía que genera degradación del medio ambiente. Por eso es considerado ecológico.

El bambú es muy resistente y puede ser una alternativa diferente al acero, al hormigón y sobre todo a la madera, las tintas minerales son solubles en agua y no son derivadas del petróleo. Tiene baja concentración de compuestos orgánicos volátiles que evaporan y dañan la capa de Ozono. Otra alternativa son las tintas orgánicas hechas a base de tierra cruda.

El cemento ecológico es una opción muy estable para las construcciones, es más resistente que el cemento común. El uso del cemento ecológico disminuye el consumo de recursos naturales, evita emisión de gases y ahorra energía. - (OCIO ULTIMATE MAGAZINE, s.f.)

6.3. SISTEMAS ALTERNATIVOS

6.3.1. Caña brava;

La caña brava es un material usado desde hace muchos años, era la varilla usada por nuestros antepasados en la construcción de las casas de bahareque, su ancestral utilización ha ido en aumento al igual que sus usos.

✓ Ventajas al construir con Caña Brava:

- La caña brava es un material liviano y resistente, lo que lo hace altamente antisísmico.
- Contribuye al medio ambiente, pues es un cultivo regenerativo, además su corta es cuidadosamente hecha en terrenos aptos para ello.
- Es un atractivo producto natural, listo para instalar, no hay necesidad de pulir, ni lijar
- Es un material de bajo costo.
- Puede ser aprovechado en su totalidad.
- La construcción con caña permite la combinación de este material con madera, metal y otros.

✓ Usos de la caña brava:

Acabados en cielorrasos, recubrimiento de superficies, paredes, cercos, ranchos, cabañas rústicas, división de propiedades, jardinería, paisajismo, construcción de casas de playa, campo o montaña, etc.

✓ **Durabilidad:**

La caña brava, siempre y cuando tenga su debida inmunización es un material de gran durabilidad, contribuye también que sea cortada en el tiempo adecuado de madurez de la planta.

- (caña brava hermanos seas, s.f.)

Es uno de los tantos materiales ecológicos que nos brinda la naturaleza, como también lo es el bambú y ambos son utilizados en la elaboración de este tipo de viviendas claro que con algunas diferencias uno respecto al otro.



“Implementación de la caña brava en una cubierta”

FUENTE: (<http://www.cana-brava.com/galeria.html>) [2]

6.3.2. Bambú en la construcción;

El bambú es una planta en forma de caña que crece en zonas templadas o cálidas con bastante agua. El bambú es uno de los materiales usados para la construcción más interesantes que existen en la actualidad. Tiene la característica de ser muy resistente, duradero y sostenible. Se emplea como materia prima de pavimentos, paneles y mobiliarios.

Lo más relevante es que se utiliza cada vez más en la construcción de viviendas. El Bambú es tan resistente y flexible que se lo llama el acero vegetal, siendo cinco veces más resistente que el concreto. El bambú es utilizado en construcciones livianas, en las regiones donde esta madera crece, en las que el clima permite el uso de materiales livianos.

La flexibilidad de esta madera le confiere características antisísmicas. . Estas son algunas de las grandes ventajas para su aplicación en la edificación de viviendas que lo han convertido en el material predilecto de algunos arquitectos y constructores.

✓ Características del bambú:

El bambú es liviano, flexible, de bajo costo. No es muy durable. Requiere de mano de obra especializada para emplearlo en construcciones. Tiene buena resistencia a los sismos, pero muy mala a las lluvias, huracanes, insectos. Es apropiado para climas cálidos y húmedos.

✓ Usos del bambú en construcción:

Es posible emplear el bambú en muchos sectores de la construcción, donde no esté expuesto al agua, o calor excesivo, pero generalmente se lo utiliza combinado con otros materiales como otras maderas, arcilla, cal, cemento, hierro galvanizado, hojas de palma.

Empleado como material constructivo secundario o primario, permite soluciones adecuadas a los climas cálidos, cuando es utilizado en forma natural, sin tratamientos. Pero también puede ser mejorado con tratamientos para ser empleado en otros sistemas constructivos en regiones apartadas a las de cultivo, convirtiéndose en un material principalmente decorativo y costoso.

Otro de los usos, es como material para el andamiaje, durante la construcción. En los países donde el bambú crece, es un auxiliar económico de la edificación, la caña de bambú posee una estructura física característica, lo que le proporciona alta resistencia en relación a su peso. Con forma de tubo y con refuerzos transversales rígidos que conforman los tramos de la caña, lo que le confiere una gran resistencia a la tracción y compresión, en relación a su sección, el bambú para usarlo en la construcción es muy fácil de trabajar, no requiere maquinaria costosa, sino herramientas sencillas. - (Arquigrafico, s.f.)

Tiene la ventaja que es un material muy resistente, muy flexible aparte de eso le proporciona un acabado excelente a las viviendas, entre sus ventajas podemos encontrar su longitud que puede resultar muy funcional ya que no es necesario hacer traslapo.



“Cultivo de bambú”

FUENTE:

(http://www.adoodpt.com/adpics_new/0b564830692457c16554dfd3bd0b0a36.jpg) [3]



“Utilización del bambú para la construcción de una cabaña”

FUENTE: (<http://www.arkigrafico.com/el-bambu-en-la-construccion/#>) [4]

6.3.3. Adobe;

En la antigüedad no se tenían todos los conocimientos que hoy existen sobre construcción, sin embargo aún podemos observar muchas edificaciones, que aunque han pasado más de 100 años, aún se conservan de pie o mínimo gran parte de ellas. Para que esto sea posible intervienen diversos factores, tanto naturales, como los que el mismo hombre puede generar.

Estos materiales que se utilizaban, hoy son artesanales y demasiado caros como para considerarlos en una construcción cotidiana, a menos que uno mismo los haga, como es el caso del adobe. La razón por la que este material sigue vigente es por su resistencia al fuego, acústica, durabilidad y sobre todo porque se habla que tiene ciertas características que lo hacen versátil ante la temperatura, pues se mantiene fresco durante el verano y en invierno absorbe la calidez del sol.

Aunque se trata de un material que fue muy utilizado por nuestros ancestros, aún tiene presencia sobre todo en cabañas de campo o bien en chimeneas y hornos, pues el adobe se comporta de lo mejor ante el fuego, pues no permite que se escape el calor y no se deforma. De acuerdo con el arquitecto Dennis Jarquín comenta que una de las características del adobe es que su secado es natural, pues una vez que se obtiene se tiende al sol. Para su obtención se utilizan gaveras que son una especie de molde en las que se hace la mezcla de arcilla con arena y agua una vez que se amolda y se obtiene la forma se levanta la gavera resultando un tabique de adobe. Así mismo el arquitecto Jarquín comenta que cuando se fabrican los tabiques es probable que algunos se agrieten, por lo cual sólo se seleccionan los más uniformes y sólidos.

Aun así una vez que se han secado se tiene que someter a ciertas pruebas como las siguientes:

- Prueba de puente: que consiste en colocar dos adobes a cierta distancia y después uno que simule un puente entre los dos. Una vez que se ha creado el puente, debes subir sobre el ladrillo que queda en medio, para corroborar su solidez, pues no debe fisurarse o presentar algún daño parecido.

- Permeabilidad: este tipo de prueba, se puede hacer en un laboratorio o bien pedir una muestra del material a comprar para realizarla. Se coloca la pieza en el suelo y a dos metros y medio se coloca un recipiente con agua, que permita un goteo constante durante 3 horas, si esta muestra no se parte, es totalmente funcional.

✓ **Dennis Jarquín, arquitecto**

Agentes de deterioro en el adobe

En este tipo de materiales existen diversos fenómenos que condicionan su funcionalidad, para el adobe al ser un tipo de material que proviene de la tierra, la humedad es uno de los más constantes, pues en exceso puede provocar una inestabilidad de sus componentes. Por ello aclara el arquitecto Dennis Jarquín que es importante incorporar una altura considerable en los cimientos. Si revisamos en la ciudad, en muchas construcciones antiguas el adobe ya está prácticamente al mismo nivel que las aceras, esto es porque tal vez no se usó una altura adecuada en la cimentación, aunque también tiene que ver que en las obras publicas se han subido muchos niveles por el asfalto, dejando expuestas las paredes de adobe, que con el correr del agua se han ido desgastando.

En cuanto a la actividad sísmica, las vibraciones y movimientos del suelo hacen que muchos de los adobes puedan comenzar a cuartearse. No obstante se pueden resanar, por zonas y llenar con más arcilla preparada. Para las techumbres hay que tener en cuenta que no soporta un material prefabricado, pues más bien las construcciones de adobe tienen estructuras de madera y de metal, que aunque son rígidas, son más ligeras y por lo tanto no generan un peso que pueda condicionar la solidez del material, ya para el techo se utiliza desde teja, lamina, paja, etc.

El hundimiento es otro de los fenómenos que pueden atentar contra el buen funcionamiento del adobe, normalmente este tipo de problemas se presentan, cuando se ha tenido que utilizar relleno para alcanzar un nivel adecuado en la construcción, pues tienden a hundirse con la humedad y esto provoca que los adobes se fisuren entre sí.

Los factores humanos tienen que ver más con el mal uso que se le haya dado a los materiales, es decir incorporar un agregado que no sea de calidad y que condicione la solides del adobe, también puede ser intentar mezclar cemento con adobe, cuando se sabe que no se adhieren estos materiales entre sí, por esa razón en las esquinas de las construcciones lo más recomendable es realizar un cuatropeado intercalando los adobes, como si se tratara de un lego. Aumentar el peso de la techumbre es otro factor condicionante. Es común ver en algunas obras de construcción moderna que dejan expuesto parte del adobe, como si se tratara de exhibir, sin embargo esto puede ser peligroso, pues al quedar a la intemperie la lluvia puede debilitar su solidez y tarde o temprano derrumbarse. Otro factor humano son las vibraciones, por esa razón en muchas ciudades no se permite a los autobuses o camiones circular por la zona céntrica, pues la vibración que provocan estos autos puede condicionar las estructuras antiguas.

Toma en cuenta las normativas de construcción de muchos países regulan la calidad de los materiales que se utilizan, por ello para los adobes es necesario que se elaboren con un agregado,

pues la arcilla por sí sola no es muy estable, por eso se le incorpora otros elementos para hacerlo más dúctil. Algunos de los agregados que normalmente se utilizan son:

- Ixtle
- Paja
- Estiércol
- Bagazo de caña

Es el estiércol de burro el más recomendable para hacer el agregado del adobe, pues su consistencia es más estable que la de otros animales.

Recomendaciones para trabajar con adobe

En cuanto al diseño

- El diseño de la planta es mejor que sea ortogonal, pues le dará mayor estabilidad a la edificación.
- también es necesario considerar que la altura que este material permite en una construcción, está determinado por el largo que mide cada uno de los bloques, es decir si mide 70 centímetros el lado más largo del bloque, la máxima altura que se debe construir no deberá rebasar los 7 metros.
- No se pueden construir dos niveles en las casas de adobe, pues no soportaría mucho peso el material.
- La cubierta debe ser rígida pero al mismo tiempo ligera, para no sobrecargar los muros de adobe.

- La longitud de la casa no debe ser tan extensa, para no tener problemas en cuanto a la estabilidad. - (SALINAS, 2014)

El adobe es uno de los sistemas constructivos más antiguos y que hoy en día aún se conservan, es muy común encontrar viviendas construidas con ladrillo de barro y paja lo cual nos demuestra su gran comportamiento y resistencia muy similares a los del concreto y ladrillo gracias a sus propiedades, resulta más económica su fabricación.



“materiales para la fabricación de adobe y su resultado”

FUENTE: (http://old.nvinoticias.com/sites/default/files/fotos/2014/07/30/2_2.jpg) [5]

6.3.4. Construcción con Paja;

Según Roger L. Welsch, historiador del estado de Nebraska e investigador sobre los orígenes de las construcciones de paja, fue entre 1886 y 1887 cuando se construyó el primer módulo de paja, cerca de Bayard, Nebraska, Estados Unidos. Se usó como un cuarto o salón de escuela. El uso de esta técnica se esparció entre los años 1915 y 1930; se abandonó su práctica a

finales de los años 40 y se retomó en la década de los setenta. La construcción de casas con pacas de paja es un sistema sencillo que puede ser aprendido en pocos días y en el que todos pueden participar. Se requiere menor labor especializada y menos tiempo de construcción que los métodos tradicionales, como el del concreto. Al utilizar las pacas de paja, probablemente lo más ecológico que puede usarse en una vivienda para la construcción, se disminuye la cantidad de desechos agrícolas que son quemados, minimizando la contaminación atmosférica y calentamiento global.

Las pacas tienen mayor capacidad de aislamiento térmico que la madera, los ladrillos e incluso el adobe. Esta característica es ideal para zonas con clima extremo, pues se reduce el gasto de energía que requiere enfriar y calentar una construcción. La eficacia térmica se mide con el valor “R” de resistencia al flujo de calor. La resistencia al flujo del calor de las pacas de paja es igual a 42.8. Es preferible utilizar paja de trigo o avena, pero también se puede utilizar la del sorgo sin semillas. Las pacas deben ser solamente de “popote”, que se obtiene después de cosechar la semilla. -(wikipedia, 2016)

Las construcciones en paja suelen ser muy rápidas por el grado de complejidad que manejan y por las dimensiones de los bloques de que se utilizan, es importante aclarar que estas construcciones son muy comunes en lugares alejados y fríos este último por sus propiedades que hacen de estas construcciones muy abrigadas.



“Ejemplo de vivienda construida con paja”

FUENTE: (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Straw_Bale_House07.jpg) [6]

6.3.5. La tapia pisada;

La tapia pisada es un método de construcción con tierra que se emplea aun países tan diferentes como Dinamarca, marruecos, Perú o la china en Francia se encuentran numerosas cosas de tierra de tamaño frecuente imponente, especialmente en el dauphine, Lyon, alvernia y bretaña. Actualmente es cada vez más difícil distinguido estas casas de las contricciones recientes porque la mayoría está paletadas. Así se pueden ver parecidas a sus hermanos de piedra en los cuales todo el mundo ve un desafío al tiempo el hábitat en tapias pisadas, también resiste el peso de los años, abecés se encuentran muros de tierra, de más de 300 años aun abrigan a una parte de la población rural.

Esta es una de las modalidades con la cual se puede trabajar la tapia dejando resultado una estructura bien definida y lista para recibir la cubierta.

✓ **Ventajas:**

- Rapidez en la construcción
- Costo mínimo
- Economía de madera
- Aislamiento térmico
- Transformación del abono a la demolición
- Resistencia al fuego
- Solides y durabilidad

✓ **Las herramientas:**

Las herramientas presentadas han sido presentadas durante más de dos siglos en las provincias de Lyon y alvernia. Describiremos otras herramientas provenientes de regiones o países diferentes, con el fin de comprender mejor las variaciones de la puesta en obra de esta técnica.

- Pala
- Pica
- Panell
- Pisón
- Cuñas
- Párales

IMPORTANTE;

En los países desarrollados como en Francia, Alemania, Australia y Estados Unidos comienza el renacer de las técnicas de construcción con tierra asociadas a la arquitectura ecológica y sana. En Europa hay verdaderas empresas constructoras en tierra y distribuidoras de productos relacionados con estas técnicas constructivas. En Australia por ejemplo, la tapia pisada se ha llevado a un nivel de tecnificación sorprendente. La mejor evidencia de la respuesta sismo-resistente de la tapia pisada se encuentra en los centros históricos de nuestro país. Por donde pasó la colonización española se instituyeron la tapia pisada, el adobe y el bahareque como técnicas constructivas que han respondido por más de trescientos años a las exigencias estructurales incluso en zonas de alto riesgo de amenaza sísmica. No obstante, como todos los materiales, la tierra tiene sus alcances y limitaciones que dependen de sus propiedades físico-mecánicas..." por esta razón se debe seguir con la tradición de nuestros ancestros.

✓ **propiedades mecánicas de los materiales:**

Se realizó una caracterización general de las propiedades mecánicas de los materiales utilizados en las construcciones en tierra en relación al peso y a la resistencia ante diferentes solicitaciones de esfuerzos actuantes. Se adelantaron ensayos de caracterización sobre probetas a escala natural y sobre probetas a escala reducida 1:5, En la O se resumen las principales propiedades mecánicas encontradas a partir de las probetas a escala real y a escala reducida,

✓ **reforzamiento con malla y mortero de cal:**

Esta técnica consiste en instalar malla electro soldada por franjas horizontales y verticales (simulando vigas y columnas de confinamiento, respectivamente) en las zonas críticas de la

vivienda. La malla se sujeta a la pared mediante clavos y tapas de gaseosa cada 30 cm y se instala tanto en la parte externa como en la interna del muro, Adicionalmente se proporcionan anclajes o conectores que atraviesan el muro a espaciamientos aproximados de 50 cm en las dos direcciones. Estos conectores están compuestos por alambre de 8 mm colocado en orificios previamente perforados los cuales se rellenan con mortero de cal y arena en proporción 1:2. Posteriormente la malla se recubre con mortero de cal y arena con el mismo proporciónamiento. Se pretende con esta medida evitar la inestabilidad lateral que se presenta de forma súbita en viviendas no reforzadas cuando se agrietan durante la ocurrencia del terremoto. Esta propuesta de reforzamiento se ha estudiado ampliamente en el Perú, México y otros países. La técnica se basa principalmente en los resultados del proyecto «Estabilización de las construcciones de adobe existentes en los países andinos» desarrollado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur (Ceresis) y la Pontificia Universidad del Perú. En la bibliografía consultada (Zegarra, 2001 y Universidad de los Andes, 2002) se describe en mejor detalle este tipo de rehabilitación que ha demostrado sus cualidades en algunos eventos sísmicos recientes.

✓ **reforzamiento con elementos confinantes en madera**

Esta alternativa consiste en instalar elementos de madera en el plano del muro, por las dos caras simultáneamente e interconectarlos entre sí mediante pernos pasantes cuyo orificio previamente perforado se rellena con mortero de cemento. La ubicación y las dimensiones de los elementos de madera serán variables según el diseño específico del muro, Sin embargo a continuación se plantean unas especificaciones mínimas tentativas. Los elementos de madera confinantes para viviendas de uno y dos pisos a escala real deberán tener una dimensión mínima de 15 cm x 2 cm y deben instalarse tanto en sentido horizontal como en sentido vertical. Para su instalación se recomienda abrir regatas con las dimensiones de la madera en los muros de adobe

y/o tapia o de un espesor ligeramente superior con el fin de «pañetar» posteriormente el elemento de refuerzo para conservar la apariencia original del muro. La madera será como mínimo de la Clase C según el Título G de la NSR-10. Horizontalmente deben colocarse elementos cerca a la base de los muros y cerca la losa de entrepiso y a distancias verticales que no deben sobrepasar en principio los 2.0 m. En el sentido vertical deben colocarse elementos confinantes cerca de las uniones o intersecciones con otros muros perpendiculares, alrededor de aberturas de puertas y ventanas, y a distancias horizontales de máximo 3.0 m. Los elementos verticales y horizontales deben interconectarse siempre entre sí mediante pernos pasantes de 1 A de pulgada colocados en el centro del punto de intersección. Además, los elementos horizontales de muros ortogonales deben conectarse entre sí mediante conectores metálicos tipo platina de 1/2" con la forma de la esquina. Dicha conexión debe realizarse tanto en la cara interna como en la externa. La platina de conexión debe estar anclada al muro y a los elementos de madera mediante pernos pasantes de 1/2" de pulgada. Todos los elementos de madera confinantes deben estar firmemente anclados al muro mediante pernos de 1/2" de pulgada cada 50 cm, cuyo orificio previamente perforado debe inyectarse con mortero de cemento, mínimo del tipo S dado en el Título D de la NSR-10. Además, todas las maderas utilizadas en el reforzamiento de muros en tierra serán atravesadas con puntillas colocadas cada 15 cm con el fin de garantizar una superficie de contacto rugosa con los muros de tierra, garantizando así la compatibilidad de deformaciones entre los dos materiales. Cuando el muro presente aberturas tales como ventanas o puertas se deben colocar elementos confinantes de madera en dirección vertical a lado y lado del hueco. Estos elementos deben prolongarse en lo posible hasta las losas de entrepiso superior e inferior en el piso sujeto a reforzamiento o hasta los elementos de madera horizontales más cercanos, Cuando esta alternativa de rehabilitación se aplique sobre muros de tapia pisada deben rellenarse los agujeros

dejados por las agujas (formaletas de .instrucción) con mortero de cal y arena. Se deben clavar cunas de madera sobre el mortero para garantizar una de cada adherencia. Este tipo de refuerzo fue aplicado a dos modelos, uno en tapia y el otro en adobe. - (tapiapisada.blogspot, 2008)



“proceso constructivo de muro en tapia pisada”

FUENTE: (<http://tapiapisada.blogspot.com.co/2008/05/tapia-pisada.html>) [7]

6.3.6. Concreto sostenible;

El aumento de la conciencia en torno a los impactos ambientales asociados a las emisiones excesivas de dióxido de carbono generadas de la producción de cemento, ha dado lugar a grandes avances en el desarrollo de tecnologías y materiales destinados a reducir dichos impactos. El cemento es el componente clave en la producción de concreto, adicionalmente es el material más usado en el mundo después del agua, y estudios han demostrado que su producción genera entre un 6 y 7% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero.

La ceniza de cáscara de arroz es uno de los materiales cementantes suplementarios más promisorios para el desarrollo de concretos sostenibles. El uso de esta clase de materiales busca

recuperar desechos industriales y agrícolas para reemplazar parcialmente el contenido de cemento en el concreto y de esta forma reducir su huella ambiental.

Durante la hidratación, los materiales cementantes suplementarios interactúan con el cemento a través de una reacción puzolánica o a través del efecto de relleno, donde los poros de la pasta de cemento se llenan con las partículas de ceniza de cáscara de arroz. La sílice amorfa de la ceniza reacciona con el hidróxido de calcio liberado en la hidratación del cemento para formar silicatos de calcio hidratados, los cuales son los principales compuestos responsables de la resistencia.

Un uso adecuado de los materiales cementantes suplementarios puede ayudar notablemente en la mejora de la durabilidad y resistencia del concreto, sin embargo el uso combinado con súper plastificantes podría interferir con particularidades fisicoquímicas del cemento no deseadas.

Los súper plastificantes son constituyentes y aditivos esenciales, ya que producen una mejor trabajabilidad en proporciones muy bajas de agua. Se componen generalmente de polímeros cargados negativamente, que se adsorben en los sitios cargados positivamente de las partículas, una vez absorbidos, los polímeros mejoran la dispersión de partículas por repulsión electrostática.

Teniendo en cuenta la creciente variedad de aditivos minerales y químicos utilizados en concreto, las investigaciones han ido en crecimiento y buscan permitir aprovechar las ventajas potenciales que pueden ofrecer estos materiales.

Investigaciones han podido determinar que a edad temprana (día 1) la resistencia a la compresión de mezclas con ceniza y súper plastificantes tienen un retraso inicial en comparación

con el diseño de mezclas convencionales. La influencia de la ceniza de cáscara de arroz y de los súper plastificantes puede explicarse por una combinación de tres mecanismos. En primer lugar, la dilución de cemento causa la reducción de la resistencia en las mezclas con ceniza, ya que la velocidad de reacción en la edad temprana es menor. En segundo lugar, la fuerza se incrementa debido a la reducción en la relación agua-cemento causada por las partículas de ceniza que absorben agua y, en tercer lugar, el aumento de la fuerza es afectado por los súper plastificantes, mejorando la trabajabilidad e hidratación.

El análisis del rendimiento del concreto a los 28 días ha mostrado resultados donde las mezclas con ceniza de cáscara de arroz y súper plastificantes tienen una ganancia de hasta un 20% en comparación con las mezclas convencionales. Esta ganancia de resistencia se puede explicar debido a tres factores fundamentales; la reacción puzolánica que se produce entre la ceniza de cáscara de arroz y la portlandita, la absorción de agua en mezclas con ceniza de cáscara de arroz aumentó la densidad del cemento, lo que a su vez, aumentó la resistencia y, por último, el agua que podría potencialmente contribuir a un curado interno a una edad más avanzada.

La incorporación de la producción de ceniza de cáscara de arroz también se da en unidades de mampostería que tienen baja emisión de carbono, de tal forma que no sólo se reduce aún más la huella de carbono del producto, sino que también da una estética elegante y singular. Los tonos oscuros provocados por la ceniza, contrastan sorprendentemente con el gris y blanco del concreto y minerales reciclados triturados en el diseño de mezcla.

En cuanto a la resistencia química, se ha demostrado que la ceniza de cáscara de arroz ayuda a reducir sustancialmente la pérdida de masa del concreto que es expuesto a ataques de ácidos, y que también disminuye considerablemente la expansión debido al ataque de sulfatos.

La ceniza de cáscara de arroz puede ser obtenida a través de varios métodos de calcinación, entre los cuales se destacan:

Calcinación a campo abierto.

Calcinación en hornos.

Calcinación el lecho fluido.

La calcinación a campo abierto o en pilas es una técnica sencilla, la cual consiste en realizar la calcinación en recintos circulares o cuadrados de hasta 16 m de perímetro, con pilas de cáscara de hasta 2,5 m de altura. Esta técnica no permite tener un control de la temperatura, lo que lleva a obtener puzolanas de bajo índice de reactividad.

La calcinación en hornos circulares o cuadrados es la que se realiza como su nombre lo indica en hornos que tienen diferentes entradas de aire, protegidas con una malla fina que permite la circulación del viento, pero a su vez impida el tránsito de ceniza. Esta técnica de calcinación produce una ceniza de color blanco altamente activa, con presencia minoritaria de cuarzo cristalino.

En la calcinación en lecho fluido, la cámara de combustión es de acero inoxidable. El aire es suministrado a través de un plato perforado ubicado en la base de la cámara de combustión. Este calcinador permite controlar la temperatura y proporciona ceniza consistente en sílice amorfa de excelente resistencia a la compresión.

Recientes investigaciones en el uso simultáneo de cenizas de cáscara de arroz con súper plastificantes han arrojado las siguientes conclusiones:

- Cuando se usa ceniza de cáscara de arroz se requiere una dosis más alta de súper plastificantes en comparación con las mezclas que no tienen ceniza, ya que la absorción de agua de las partículas de la ceniza es responsable de la reducción de la relación agua-cemento.
- Se estima que la relación agua-cemento efectiva para este tipo de mezclas es de 0,29. La adsorción de agua, junto con el potencial de adsorción de los súper plastificantes sobre las partículas de ceniza de cáscara de arroz arrojó como resultados requisitos de dos a tres veces mayor que una mezcla sin aditivos de este tipo.
- Las mezclas con ceniza de cáscara de arroz muestran un aumento de la pérdida de trabajabilidad en el tiempo, la cual es regulada con la adición de los súper plastificantes.
- La resistencia a edad temprana de las mezclas con ceniza de cáscara de arroz como material cementante suplementario es positivamente influenciada por el aumento de la concentración de sólidos, pero a su vez es impactada negativamente por la dilución de cemento y el ajuste de retraso atribuido a los súper plastificantes.
- Después de los 28 días, la ganancia de resistencia acelerada para las mezclas con ceniza es hasta de un 20%, hecho que se explica por una combinación de la reacción puzolánica, el aumento de la concentración de sólidos, y el potencial de curado interno.
 - La selección óptima de súper plastificantes para mezclas de cemento con ceniza de cáscara de arroz depende de la aplicación deseada y, de la dispersión

inicial, retención de asentamiento, y desarrollo de la resistencia. - (360° EN CONCRETO)

Este tipo de concretos son muy interesantes debido a que se puede reducir la proporción de cemento en una mezcla y sigue sin alterarse la resistencia, que en últimas es lo que se busca con los concretos, pues son los que nos dan la seguridad de la obra y su durabilidad está ligada a la calidad del concreto, de tal manera que no se va a ver afectada con esta nueva técnica y lo que es mucho mejor que se va a reducir los impactos causados al medio ambiente con los sistemas constructivos basados en el concreto tradicional.



“Uso de ceniza de cáscara de arroz para la producción de bloques”

FUENTE:

(<http://blog.360gradosenconcreto.com/wpcontent/uploads/2015/03/Imagen3.jpg>) [8]

6.3.7. Green Magic Homes;

¿Se imaginan que viven bajo su jardín, sus flores, sus árboles, en un paisaje de una vida vibrante verde? Todo esto puede ser posible con la tecnología **GREEN MAGIC HOMES**. Estas

estructuras arqueadas elegantes están hechas de fibra reforzados componentes modulares de polímeros que son duraderos, flexible y resistente al agua. Con un sinfín de posibilidades de diseño, estas estructuras se pueden montar rápida y fácilmente, con un costo mínimo para crear un entorno de vida elegante en armonía con la naturaleza.

Componentes Green Magic Homes, son rápidos y fáciles de ensamblar. Cada componente ha perforado solapas que los tornillos y sellar juntas. Toda la estructura está anclada a continuación a la base con tornillos de acero galvanizado. Componentes con conductos de material compuesto y los canales para los tubos de cableado y de agua eléctricos, así como los conductos de ventilación mecánica, se pueden añadir a la cáscara en cualquier punto necesario.

La magia de la " verde" y el efecto de aislamiento térmico, es proporcionar por los terraplenes de tierra o contrafuertes en los lados de la estructura, una vez cubierta con una capa superior de suelo , los terraplenes y capa superior están envueltas en una tela geo-textil, cubiertos en su totalidad con tepes o de otra vegetación. Esto estabiliza la tierra en el largo plazo por la acción de enraizamiento de las plantas en la parte superior.

Casas mágico verde es un sistema prefabricado de construcción modular, con componentes estructurales realizados en FRP (**polímero reforzado con fibra**), que están diseñados específicamente para encajan entre sí para proporcionar infinitas posibilidades de diseño para espacios, accesos, iluminación, ventilación y las conexiones de las habitaciones. Se hace fácil con módulos dimensionados y empaquetado para caber en uno o dos contenedores de transporte.

- (GREEN MAGIC HOMES, 2014)



“demostración del sistema constructivos Green Magic Homes”

FUENTE: (<http://www.greenmagichomes.com/main.php>) [9]

6.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA CONSTRUCCIÓN CON TIERRA CRUDA

La tierra cruda presenta una serie de importantes ventajas con respecto a los materiales de construcción industrial más usados actualmente, entre ellas destacamos:

6.4.1. Gran capacidad como aislante térmico:

El material del que está constituido el adobe y el tapial es un buen aislante térmico. El interior de una casa construida con este material requerirá un uso mucho menor de sistemas de climatización que en una convencional de materiales industriales. Las casas construidas con barro resultan frescas en verano y cálidas en invierno logrando fácilmente un agradable bienestar térmico. El coeficiente de conductividad térmica del adobe es de $0.25 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ siendo el del ladrillo de $0.85 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ y el del hormigón/concreto de $1.50 \text{ W/m}^\circ\text{C}$

6.4.2. Gran capacidad como aislante sonoro:

El adobe y el tapial resultan ser también muy buenos aislantes acústicos. Las viviendas construidas con tierra cruda quedan más aisladas de los ruidos exteriores, resultando más silenciosas que otras construidas con materiales industriales convencionales. Por otro lado, su superficie irregular difumina el ruido producido del interior de las viviendas, lo que evita las reverberaciones y propicia un interior más silencioso y agradable.

6.4.3. Ahorro energético en climatización:

La capacidad de aislante térmico de los muros construidos con tierra reduce o incluso evita el uso de sistemas de climatización, lo que supone un ahorro económico, energético y de emisiones de Co2 muy importante. Una vivienda construida en adobe o tapial en países fríos y que contase con alguna técnica ecológica de climatización, como por ejemplo la energía solar pasiva, podría llegar a prescindir totalmente de sistemas de calefacción que consuman combustibles.

6.4.4. Fabricación de bajo impacto ambiental:

Para la fabricación y procesado de los adobes o para la conformación de los muros de tapia, se emplea mucha menos energía que la necesaria para fabricar otros materiales convencionales. Para la fabricación de ladrillos o de bloques de hormigón, así como de los cementos, se recurre a la quema de combustibles fósiles para obtener las altas temperaturas necesarias en su procesado industrial. En cambio, el adobe y el tapial se pueden fabricar a mano y dejar secar al Sol. El adobe requiere una energía de 2000 BTU para fabricarse, (siendo la mayoría de las ocasiones toda ella de origen renovable, limpio y natural), mientras que el ladrillo necesita 15 veces más energía (30.000 BTU), siendo necesario además en su fabricación la quema de combustibles que emiten Co2.

6.4.5. Reintegración a la naturaleza:

El adobe y el tapial, por estar constituidos materiales locales y presentes naturalmente en el medio, pueden tener una reintegración total a la naturaleza una vez que el edificio ya ha pasado su vida útil. En cambio el ladrillo, el hormigón/concreto y el cemento no se reintegran a la naturaleza una vez que el edificio a perdido su función, quedando como escombros y provocando un impacto ambiental mucho mayor

6.4.6. Resistencia del material:

Aunque la resistencia de estos materiales puede ser inferior a otros industriales existentes como el ladrillo, a escala humana resulta suficiente. Un edificio de adobe y tapial correctamente construido y mantenido puede llegar a superar fácilmente los 100 años de vida útil en buen estado. En teoría y con el mantenimiento adecuado, un edificio de adobe podría resistir de manera indefinida.

6.4.7. Resistencia al fuego:

Debido a su naturaleza físico-química, la tierra cruda presenta una gran estabilidad y resistencia al fuego, resultando está claramente superior a otros industriales como el acero y el ladrillo.

6.4.8. Posibilidad de autoconstrucción:

Este material, al encontrarse de forma natural en el terreno y al contar con un proceso de fabricación sencillo que no requiere equipo complejo, puede fabricarse de manera manual sin mucha complicación. Este hecho, unido a lo relativamente sencillo de su proceso constructivo, lo

hace accesible para autoconstructores. No en vano, el adobe y el tapial, han sido materiales tradicionalmente usados en autoconstrucción por miles de años en muchos lugares del mundo.

El adobe y el tapial cuentan no obstante con algunas desventajas con respecto a otras técnicas constructivas que conviene conocer.

6.4.9. Limitación en altura:

La construcción con tierra cruda, debido a la resistencia del material, limita a dos alturas el número de pisos con que se puede construir un edificio

6.4.10. Vulnerabilidad ante el agua:

El agua produce sobre el adobe y el tapial, un efecto erosivo similar al ejercido sobre el suelo sin vegetación. No obstante existen diversas técnicas que la cultura popular ha desarrollado en diferentes partes del mundo para solventar este problema. Para evitar el efecto negativo del agua de lluvia que se acumula en el suelo en momentos de precipitación intensa, los edificios construidos con tierra se sustentan sobre cimientos de piedra (o de cualquier otro material resistente al agua, hasta una altura en la que el agua no pueda llegar a ella. Para los casos de lluvia racheada (que cae con cierta inclinación por acción del viento) existen otras soluciones como colocar aleros o recubrir el muro con una capa de cal. En México una técnica ancestral de origen prehispánico consiste en recubrir las paredes de adobe o tapial con una mezcla de baba del nopal (conocida en otros sitios como chumbera o tunera) y cal para dotarla de capacidad impermeable.

6.4.11. Debilidad sísmica:

Debido a la naturaleza mecánica del material, las estructuras de adobe y de tapial son vulnerables al efecto de los temblores y de los terremotos. Existen no obstante técnicas constructivas de sencillo desarrollo que permiten a este tipo de edificios ser resistentes a estos fenómenos naturales. Diseñar la planta de la casa de forma ortogonal, dotarla de cubiertas ligeras y rígidas o una corta longitud de los muros son algunos de los procedimientos que hace que los edificios con tierra cruda sean resistentes a los sismos. (sitiosolar, s.f.)

6.5. LOSAS ALIVIANADAS CON BOTELLAS

A menudo cuando se habla de obras de arquitectura que incluyen el concepto de reciclaje y sustentabilidad, se visualiza una morfología signada, justamente, por la metodología de reciclaje utilizada. Por el contrario, muchas veces cuando se realiza una arquitectura propositiva en materia estética, con una búsqueda formal y espacial, toda decisión constructiva tiende a fortalecer esta búsqueda, sin lugar para otras consideraciones de tipo ecológico, económico, de racionalidad constructiva, etc. El desafío es, entonces idear sistemas constructivos ecológicos, que a la vez permitan flexibilidad y libertad en el diseño de la obra.

El sistema consiste en “empaquetar” las botellas en grupos de a 3, juntándolas con cinta de embalar, y colocarlas entre dos mallas sima de hierro, dejando “calles” de 12 cm entre paquete y paquete, generando así una suerte de “casetonado” interno.

La premisa de este proyecto parte de una identidad formal muy fuerte, y una búsqueda espacial que incluya hormigón a la vista con planos de techo continuos, es decir, donde no se vean vigas colgadas de las losas. La mejor manera de lograr esta premisa es, justamente, realizar una losa sin vigas, pero este tipo de losas, si se hacen macizas, llevan un volumen enorme de

hormigón, y una gran cuantía de hierro, volviéndose anti económicas para la realidad que tenemos en Argentina hoy, además de parecer un despilfarro de recursos, desde el punto de vista de la ecología. Había que alivianar las losas, para cumplir con el objetivo estético, sin ir en desmedro de lo económico y ecológico. Y entonces decidimos redoblar la apuesta: que el sistema utilizado para alivianar las losas, se hiciera a través del reciclaje. De ahí la idea de utilizar botellas de gaseosa. Esto derivaría en losas de 18 cm de altura, de gran capacidad portante e inercia, y al estar rellenas de “burbujas” de aire, logradas con botellas, tendría además un buen coeficiente de aislación térmica y acústica.

Además de los beneficios mencionados, el sistema facilita varias tareas en cuanto a la mano de obra, ya que no hay necesidad de encofrar y armar vigas. ¡Solamente hay que convencer a los operarios de que funciona! En cuanto a las particularidades constructivas, es necesario dejar espacios sin alivianar en los puntos donde llegan las columnas, que funcionan como capiteles macizos. También es muy importante atar la malla superior al encofrado, para evitar que las botellas, que están llenas de aire, floten en el momento del llenado de la losa. Tanto el tamaño de los capiteles como las secciones de hierros y los refuerzos a utilizar fueron calculados por un estudio de ingenieros.

En partes de la losa que constituyen terrazas, se realizó un llaneado con “helicóptero”, quedando la superficie totalmente terminada, impermeable y transitable en una sola operación, ahorrando de esta manera materiales y recursos. Por lo demás, se utilizó hormigón con superfluidificante, y bien vibrado al momento de llenar, para que no queden nichos sin llenar en la losa.

El resultado: losas de hormigón a la vista, resistentes, aislantes y sin vigas que invadan el espacio. Y de paso, reciclamos los residuos resultantes del consumo de gaseosa de alrededor de

40 familias durante 4 meses, y también los envases desechados por 3 salones de fiestas durante ese mismo lapso. - (Arrue, 2015)



“implementación de botellas pet en placas aligeradas”

FUENTE:(<http://www.talleraf.com.ar/construccion-de-losas-alivianadas-con-botellas/>) [10]



“fundición y vibrado de placa aligerada con botellas pet”

FUENTE:(<http://www.talleraf.com.ar/construccion-de-losas-alivianadas-con-botellas/>) [11]



“acabado final de placas aligeradas con botellas”

FUENTE:(<http://www.tallerf.com.ar/construccion-de-losas-alivianadas-con-botellas/>) [12]

7. CONCLUSIONES

Después de realizar una minuciosa investigación, se podría hacer referencia al comportamiento de los elementos de una vivienda construidos con materiales ecológicos, para analizar este concepto, es necesario tener en cuenta que estos elementos fabricados con llantas o botellas son relativamente nuevos en nuestro entorno, junto con el concepto de eco-vivienda, por lo tanto no se podría dictar un veredicto o un juicio, diciendo o justificando la resistencia o durabilidad de estos elementos por el poco tiempo que se lleva trabajando con estos materiales, caso contrario ocurre con elementos estructurales construidos con; adobe, la tapia, caña brava o bambú entre otros, más conocidos en el sector de la construcción, esto se debe a que se trabaja con estos materiales desde hace mucho tiempo y se tiene evidencia de su comportamiento a través de los años.

Gracias a la cantidad de información encontrada se llegó a la conclusión que existen, hoy en día muchos métodos o como también se pueden llamar (sistemas constructivos) que podrían de una u otra manera mitigar el impacto ambiental que se le hace al planeta con los sistemas constructivos tradicionales, a pesar de ser este un concepto relativamente nuevo en nuestro medio, se pudo encontrar desde materiales o sistemas constructivos ya conocidos como; el adobe o la tapia, hasta algunos más novedosos como la mampostería en botellas pet, llantas o caña brava, bambú (guadua), y otros como el Green Magic Homes, es importante resaltar que algunos de estos materiales no son nuevos solo que las personas hemos dejado a un lado esas construcciones antiguas echas en barro o caña brava, y remplazarlo por lo que ahora llamamos sistemas constructivos tradicionales que no es más que concreto y acero, pero si nos detenemos y vemos hacia atrás nos daremos cuenta que no son tan nuevos como parecen y que contrario a lo

que podríamos pensar no son tan inseguras, pues en la actualidad aún existen construcciones como; las pirámides de Egipto, la muralla china, entre otras que a pesar del tiempo aún siguen en pie.

Por último, y luego de analizar la información sobre la normatividad existente en el país, que abarque todo lo relacionado con las construcciones ecológicas (eco-viviendas), teniendo en cuenta tanto materiales, como sistemas o métodos constructivos, se puede concluir a simple vista que Colombia a pesar de ser uno de los países con mayor biodiversidad del planeta, según la revista “la reserva” en su publicación que habla de “los países más ecológicos del mundo” (la reserva, 2010) , que ubican a Colombia en el puesto número 10 de este escalafón, no cuenta con una normatividad; específica, o detallada de cómo trabajar o implementar este tipo de materiales en las construcción, siendo el sector de la construcción uno de los que más daño le hace al medio ambiente, si tenemos en cuenta los procesos que se llevan a cabo para realizar; los bloques (ladrillos) por medio de hornos, el cemento y el gran gasto de agua que es necesario para la elaboración del concreto y de más.

¡Ahora bien! teniendo claro este concepto, es importante señalar que si se tiene en cuenta la norma técnica sismos resistente (NSR-10), y que en algunos casos como el de la tapia pisada o el adobe, se recomienda regirse por esta norma ya que el sistema constructivo que se utiliza para llevar a cabo estas construcciones es muy similar al tradicional y más específicamente el título G que habla de estructuras de madera y estructuras guadua (Sismica, 2010), como lo es en el caso de los muros que son elementos mampuestos que si bien no estamos hablando de ladrillos o bloques comunes, que cumplen unas especificaciones técnicas o requerimientos mínimos para poder ser utilizados cumplen los mismos objetivos, por lo tanto no se podría desligar de la norma ya existente que cubre estos elementos.

8. RECOMENDACIONES

Después de haber analizado toda la información concerniente al tema planteado en un principio, luego de aportar las respectivas conclusiones con el fin de darle solución a los objetivos propuestos para la consecución del material final, después de todo esto no estaría de más realizar unas recomendaciones.

Sería importante recalcar que los materiales mencionados en este documento, cumplen con unas especificaciones técnicas para su funcionamiento que deben ser tenidas en cuenta en el momento de su uso, como es el caso de los bloques de adobe, que se deben someter a un ensayo después de su secado para comprobar su resistencia y de esta manera autorizar su utilización, en la obra en que se vaya a implementar este sistema.

También podríamos mencionar en el caso de la caña brava, es un material que le aporta a la obra unos acabados excelentes claramente sabiéndolos trabajar, para llevar a un feliz término estos acabados este tipo de materiales como la caña brava y el bambú deben ser manipulados e instalados por personal idóneo con experiencia, que nos puedan brindar la confianza y seguridad que la obra requiere.

Es importante tener en cuenta que lo que se busca con estos materiales no es evitar la contaminación que se le causa al medio ambiente, es un concepto erróneo que se tiene pues realmente lo que busca con estos materiales (sistemas) alternativos utilizados en la construcción de viviendas es mitigar, ese impacto que le ocasionamos al medio ambiente con los sistemas constructivos tradicionales, debido a que con estos materiales sería menos el impacto causado.

9. BIBLIOGRAFÍA

- 360° EN CONCRETO*. (s.f.). Obtenido de 360° EN CONCRETO:
<http://blog.360gradosenconcreto.com/concreto-sostenible-avances-en-materiales/>
- ARQUBA*. (s.f.). Obtenido de ARQUBA: (<http://www.arquba.com/monografias-de-arquitectura/ecovivienda/>) [1]
- Arquigrafico*. (s.f.). Obtenido de Arquigrafico: <http://www.arkigrafico.com/el-bambu-en-la-construccion/>
- Arrue, N. (20 de febrero de 2015). *tallerAF*. Obtenido de tallerAF:
<http://www.talleraf.com.ar/construccion-de-losas-alivianadas-con-botellas/>
- caña brava hermanos seas*. (s.f.). Obtenido de caña brava hermanos seas: <http://www.cana-brava.com/productos.html>
- GREEN MAGIC HOMES*. (2014). Obtenido de GREEN MAGIC HOMES:
<http://www.greenmagichomes.com/main.php>
- la reserva*. (28 de febrero de 2010). Obtenido de la reserva:
http://www.lareserva.com/home/paises_mas_ecologicos_2010
- maxi-pet*. (s.f.). Obtenido de maxi-pet: http://www.maxi-pet.com.mx/Que_es_el_PET.html
- OCIO ULTIMATE MAGAZINE*. (s.f.). Obtenido de OCIO ULTIMATE MAGAZINE: <http://www.ocio.net/estilo-de-vida/ecologismo/materiales-alternativos-para-construir-casas-de-forma-ecologica/>
- SALINAS, E. (30 de julio de 2014). *ONVI NOTICIAS*. Obtenido de ONVI NOTICIAS:
<http://old.nvinoticias.com/oaxaca/vida/tendencias/224620-adobe-forma-artesanal-hacer-casas>
- Sismica, A. C. (2010). *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Obtenido de Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial :
<http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/7titulo-g-nsr-100.pdf>
- sitiosolar*. (s.f.). Obtenido de sitiosolar: <http://www.sitiosolar.com/la-construccion-con-tierra-cruda-el-adobe-y-la-tapia/>
- tapiapisada.blogspot*. (16 de mayo de 2008). Obtenido de tapiapisada.blogspot:
<http://tapiapisada.blogspot.com.co/2008/05/tapia-pisada.html>
- VIVIENDA saludable*. (s.f.). Obtenido de VIVIENDA saludable:
<http://www.viviendasaludable.es/sostenibilidad-medio-ambiente/ecoproductos/materiales-ecologicos>
- wikipedia*. (9 de mayo de 2016). Obtenido de wikipedia:
https://es.wikipedia.org/wiki/Construcci%C3%B3n_ecol%C3%B3gica

9.1. FUENTE BIBLIOGRÁFICA ILUSTRACIONES

[1] (http://contenidosdigitales.ulp.edu.ar/exe/educaciontecnologia/materiales_reciclables.jpg)

[2] (<http://www.cana-brava.com/galeria.html>)

[3] (http://www.adoodpt.com/adpics_new/0b564830692457c16554dfd3bd0b0a36.jpg)

[4] (<http://www.arkigrafico.com/el-bambu-en-la-construccion/#>)

[5] (http://old.nvinoticias.com/sites/default/files/fotos/2014/07/30/2_2.jpg)

[6] (https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Straw_Bale_House07.jpg)

[7] (<http://tapiapisada.blogspot.com.co/2008/05/tapia-pisada.html>)

[8] (<http://blog.360gradosenconcreto.com/wpcontent/uploads/2015/03/Imagen3.jpg>)

[9] (<http://www.greenmagichomes.com/main.php>)

[10] (<http://www.tallerf.com.ar/construccion-de-losas-alivianadas-con-botellas/>)

[11] (<http://www.tallerf.com.ar/construccion-de-losas-alivianadas-con-botellas/>)

[12] (<http://www.tallerf.com.ar/construccion-de-losas-alivianadas-con-botellas/>)

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado