

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TITULO DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

**ANDRÉS FELIPE HERNÁNDEZ JEREZ JONATHAN ALEXANDER VELAZCO
CALDERON**



**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA INGENIERÍA CIVIL BUCARAMANGA
2017**

**ESTADO DEL ARTE DE TÉCNICAS, PROCESOS Y MATERIALES SOSTENIBLES
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR EN COLOMBIA**

DIRECTOR:

ING. JORGE MAURICIO RAMIREZ VELASQUEZ

BUCARAMANGA 2017

Nota de aceptación:

Jorge Mauricio Ramírez Velásquez
Director de tesis

Jurado #1

Jurado #2

Jurado #3

Febrero del 2018

La culminación del proceso universitario y el mismo triunfo de este con este proyecto son dedicados a nuestras familias, en especial nuestros padres que siempre estuvieron ahí presentes apoyándonos en todo el camino.

A todos aquellos que durante el proceso nos encontramos y nos acompañaron a luchar con esfuerzo por cada una de nuestras metas.

Agradecimientos

Agradecemos principalmente a Dios por habernos permitido llegar a este punto, agradecemos a nuestra familia, amigos y novias por el acompañamiento durante todo el proceso, por habernos ayudado a levantar en cada caída, y claramente agradecemos a nuestro director del proyecto, al Profesor Mauricio Ramírez porque nos llenó de fuerzas cuando nos sentíamos alcanzados y cansados por el desarrollo de este proyecto; y a cada profesor que hizo parte de nuestra educación universitaria, por haber compartido un poco de sus conocimientos para hacer de nosotros lo que somos ahora no solo profesionalmente sino integralmente como personas positivas para la sociedad.

Finalmente a la Universidad Pontificia Bolivariana por su excelente acompañamiento educativo y de formación integral, porque mejor calidad educativa difícilmente se puede encontrar.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	12
2. Objetivos	13
2.1 Objetivo General	13
2.2 Objetivos Específicos	13
3. Justificación	14
4. Marco Teórico	15
4.1 Construcción sostenible	16
El Impacto Ambiental de los edificios	19
Los efectos de los materiales sobre el Medio Ambiente	20
Estrategia de minimización de impacto ambiental de los materiales de construcción.....	20
4.2 Desarrollo sostenible en Colombia	21
5. Materiales y técnicas.....	23
5.1 Concreto reciclado	24
5.1.1. Descripción técnica	26
5.1.2. Factibilidad económica	29
5.2 Bloques de suelo-cemento	31

5.2.1. Descripción técnica	33	
5.2.2. Factibilidad económica	35	
5.3 Bloque de Suelo Geo polimerizado (BSG)	36	
5.3.1. Descripción técnica	36	
5.4 Mampostería con cartón Reciclado	38	
5.4.1. Descripción técnica	40	
5.4 ECOPLAK (Ficha técnica)	41	
5.4.1 Descripción técnica	42	
5.5 Muros en Tubos de cartón	43	
5.5.1. Descripción técnica	46	
5.5.2. Factibilidad económica	52	
5.6 Bahareque	52	
5.61 Descripción técnica	54	
5.7 Techos Verdes	58	
5.7.1. Descripción técnica	59	
		□ Diseño
hidráulico.....		63
		□ Diseño estructural
.....		64

5.7. SCALL (Sistema de recolección de aguas lluvias)	65
5.8.1 Descripción técnica	67
5.9 Energía Solar (Solano, 2011)	71
5.9.1 Descripción técnica	72
5.9.2 Factibilidad económica	73
5.10. Eco-Madera	74
5.10.1 Descripción técnica	75
Resultados encuesta	75
Conclusiones	81
Bibliografía	82

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 FUENTE: HTTP://WWW.RESIDENTIAL-SOLAR-PANELS.US	16
ILUSTRACIÓN 2 FUENTE: REVISTA AMBIENT@	17
ILUSTRACIÓN 3 FUENTE: REVISTA CYT	24
ILUSTRACIÓN 4 FUENTE: ES.DREAMSTIME TIPOS DE ESCOMBROS DE LA DEMOLICIÓN	25
ILUSTRACIÓN 5 FUENTE: (BEDOYA C. M., 2003) PREFABRICADOS EN CONCRETO RECICLADO	28
ILUSTRACIÓN 6 FUENTE: CANNABRIC CONSTRUCCIÓN EN TIERRA	31
ILUSTRACIÓN 7 FUENTE: EMAZE TIPOS DE SUELOS.....	32
ILUSTRACIÓN 8 FUENTE: DREAMSTIME RED CLAY SOIL DIRT IN A FARM.....	33
ILUSTRACIÓN 9 FUENTE: CASA ECOLÓGICA BLOQUES DE TIERRA, CASAS ECOLÓGICAS	34
ILUSTRACIÓN 10 FUENTE: HÁBITAT VERDE BLOQUES COMPRIMIDOS	36
ILUSTRACIÓN 11 FUENTE: ENRAIZA STEEL FRAMING	39
ILUSTRACIÓN 12 FUENTE: LA BIOGUÍA PANELES PREFABRICADOS	40
ILUSTRACIÓN 13 FUENTE: (CERÓN, 2013) PERFIL DE LA PLACA	41
ILUSTRACIÓN 14 FUENTE: TECTONICA-ONLINE.COM	43
ILUSTRACIÓN 15 FUENTE: ABCPEDIA.COM PLACAS DE FIBROCEMENTO	44
ILUSTRACIÓN 16 FUENTE: CONSTRUYENDO CON JORGE (BLOG) PLACAS DE YESO	45
ILUSTRACIÓN 17 FUENTE: CONSTRUYA FÁCIL	46
ILUSTRACIÓN 18 FUENTE: LAVIRUTA.COM PLACAS DE MADERA TIPO TERFEN	46
ILUSTRACIÓN 19 FUENTE: (CERÓN, 2013) COBERTURA CON MORTERO (PASO 5) Y PINTADA (PASO 6)	48
ILUSTRACIÓN 20 FUENTE: (CERÓN, 2013) PRUEBA A FLEXIÓN	48
ILUSTRACIÓN 21 FUENTE: (CERÓN, 2013) ENSAYO EN EL TÚNEL ACÚSTICO	49
ILUSTRACIÓN 22 FUENTE: (CASANOVA, 2011) MUROS HECHOS CON LLANTAS	53
ILUSTRACIÓN 23 FUENTE: (CASANOVA, 2011) MUROS HECHOS CON BOTELLAS	54
ILUSTRACIÓN 24 FUENTE: BIBLIOTECA DEL SENA MUROS DE BAHAREQUE EMBUTIDO	55
ILUSTRACIÓN 25 FUENTE: BIBLIOTECA DEL SENA MUROS DE BAHAREQUE EN TABLA	56
ILUSTRACIÓN 26 FUENTE: REVISTA UNAL BAHAREQUE METÁLICO	57
ILUSTRACIÓN 27 FUENTE: BIBLIOTECA SENA MUROS DE BAHAREQUE CEMENTADO	58
ILUSTRACIÓN 28 FUENTE: SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE – BOGOTÁ SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS	59
ILUSTRACIÓN 29 FUENTE: ICASASECOLOGICAS.COM DISEÑO TECHOS VERDES	60
ILUSTRACIÓN 30 FUENTE: LA VIDA LUCIDA BLOG CAPTACIÓN DE AGUAS LLUVIAS	65
ILUSTRACIÓN 31 FUENTE: (SALAZAR, 2016) MANTENIMIENTO, LIMPIEZA Y TRATADO DE CUBIERTAS Y CANALES ...	68
ILUSTRACIÓN 32 FUENTE: (SALAZAR, 2016) TUBOS RECOLECTORES DE PRIMERAS AGUAS LLUVIAS	69
ILUSTRACIÓN 33 FUENTE: (SALAZAR, 2016) BATERÍA DE TANQUES ENTERRADOS EN EL PATIO DE LA CASA	69
ILUSTRACIÓN 34 FUENTE: ECOLOGIAHOY.NET ENERGÍA RENOVABLE (ENERGÍA SOLAR)	72

ILUSTRACIÓN 35 FUENTE: SUNFLOWER-SOLAR.COM MANTENIMIENTO DE PANELES SOLARES	73
ILUSTRACIÓN 36 FUENTE: ARQUIGRAFICO.COM MADERA SINTÉTICA	75

LISTA DE TABLAS Y GRAFICAS

TABLA 1 FUENTE: (BEDOYA C. M., 2003) PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS ÁRIDOS FINOS	26
<i>TABLA 2 FUENTE: (BEDOYA C. M., 2003) PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE LOS ÁRIDOS GRUESOS</i>	<i>27</i>
TABLA 3 FUENTE: (BEDOYA C. M., 2003) RESULTADO DE PRUEBAS DE COMPRESIÓN A DIFERENTES EDADES	27
TABLA 4 FUENTE: (BEDOYA C. M., 2003) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS BLOQUES RECICLADOS A LOS 28 DÍAS	28
TABLA 5 FUENTE: (BEDOYA C. M., 2003) COSTO POR METRO CUBICO DE CONCRETO CONVENCIONAL	29
TABLA 6 FUENTE: (BEDOYA C. M., 2003) PRECIO POR METRO CUBICO DE CONCRETO RECICLADO	29
TABLA 7 FUENTE: (MONTROYA O. N.-C., 2012) TABLAS DE RESULTADO DE ENSAYO DE COMPRESIÓN	37
TABLA 8 FUENTE: (MONTROYA O. N.-C., 2012) TABLAS COMPARATIVA DE CONCLUSIONES	38
TABLA 9 FUENTE: RESULTADOS (ORIÓN, 2005) ENSAYOS DE CALIDAD DEL MATERIAL	42
TABLA 10 FUENTE: RESULTADOS (ORIÓN, 2005) DETERMINACIÓN DE PROPAGACIÓN DE LLAMAS.	42
TABLA 11 FUENTE: (ORIÓN, 2005) DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL	43
TABLA 12 FUENTE: TESIS MENCIONADA (FICHA TÉCNICA DEL MATERIAL) ESPESORES Y PESOS DEL MATERIAL	43
TABLA 13 FUENTE: TESIS MENCIONADA RESULTADO ENSAYO ACÚSTICO “SONIDO ROSA”	49
TABLA 14 FUENTE: (CERÓN, 2013) RESULTADO ENSAYO ACÚSTICO “SONIDO BLANCO”	50
TABLA 15 FUENTE: (CERÓN, 2013) RESULTADO ENSAYO TÉRMICO (TEMPERATURA)	51
TABLA 16 FUENTE: (CERÓN, 2013) RESULTADO ENSAYO TÉRMICO (HUMEDAD)	51
TABLA 17 FUENTE: (CERÓN, 2013) TABLA COMPARATIVA DE PRECIOS	52
TABLA 18 FUENTE: (LUCKETT, 2009) TABLA DE CAPAS IMPERMEABILIZANTES	61
<i>TABLA 19 FUENTE: (LUCKETT, 2009) TABLA DE BARRERA ANTI RAÍCES</i>	<i>62</i>
<i>TABLA 20 FUENTE: (LUCKETT, 2009) TABLA DE CAPAS DE DRENAJES</i>	<i>62</i>
TABLA 21 FUENTE: (LUCKETT, 2009) TABLA DE ESPESORES DE SUSTRATO	63
TABLA 22 FUENTE: (LUCKETT, 2009) TABLA DE VEGETACIÓN RECOMENDADA	63
TABLA 23 FUENTE: AMERICAN SOCIETY OF PLUMBING ENGINEERS COMPONENTES Y ASPECTOS BÁSICOS DE UN SCALL	66
TABLA 24 FUENTE: (SALAZAR, 2016) GRAFICA DE CONSUMO DE AGUA	70
TABLA 25 FUENTE: (SALAZAR, 2016) TABLA DE COSTOS PARA EL SISTEMA.....	71

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: ESTADO DEL ARTE DE TÉCNICAS, PROCESOS Y MATERIALES SOSTENIBLES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA UNIFAMILIAR EN COLOMBIA

AUTOR(ES): ANDRÉS FELIPE HERNÁNDEZ JEREZ
JONATHAN ALEXANDER VELAZCO CALDERON

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): ING. JORGE MAURICIO RAMIREZ VELASQUEZ

RESUMEN

Actualmente el mundo se está desarrollando a altas velocidades, y el medio constructivo genera un gran porcentaje de los impactos negativos ambientalmente hablando; este proyecto busca generar y ofrecer un listado de los procesos, técnicas y materiales viables y sostenibles que se pueden aplicar actualmente en nuestro país. Esta investigación se desarrolla en cada una de las principales áreas o etapas por las que debe pasar una vivienda unifamiliar para ser construida, cada una de estas va a presentar las principales alternativas aplicables con sus respectivas características técnicas, factores que juegan a favor y en contra.

PALABRAS CLAVE:

Sostenibilidad, Reciclaje, Vivienda unifamiliar, Desechos, Reutilización, Materia prima, Consumo.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: RESEARCH STATUS OF "SUSTAINABLE" TECHNIQUES, PROCESSES AND MATERIALS FOR THE CONSTRUCTION OF FAMILY HOUSE IN COLOMBIA.

AUTHOR(S): ANDRÉS FELIPE HERNÁNDEZ JEREZ
JONATHAN ALEXANDER VELAZCO CALDERON

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: ING. JORGE MAURICIO RAMIREZ VELASQUEZ

ABSTRACT

Currently the world is developing at high speeds, and the construction medium generates a large percentage of negative impacts environmentally speaking; This project seeks to generate and offer a list of viable and sustainable processes, techniques and materials that can be applied in our country. This research is developed in each of the main areas or stages through which a single family home must be built, each of these options to present the main applicable alternatives with their respective technical characteristics, the factors that play a favor and against .

KEYWORDS:

Sustainability, Recycling, Single-family housing, Waste, Reuse, Raw material, Consumption.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

1. Introducción

Con el transcurrir del tiempo las sociedades van desarrollando cada vez más técnicas para simplificar las actividades humanas y mejorar la calidad de vida, bien sea con la implementación de mecanismos tecnológicos, con la inserción de diseños de vida cómodos o con la facilitación de sistemas sencillos de adaptación humana, sin embargo estos procesos de crecimiento y desarrollo, ha ocasionado un desmejoramiento ecológico, es por ello que las tesis que han de manejarse en los planteamientos de desarrollo urbanístico de las ciudades, deben girar en torno a un desarrollo equilibrado y estratégicamente armonizado, lo cual se debe considerar como una prioridad en las políticas del Estado, con tendencia a lograr el progreso de las comunidades y regiones extrapolándose hacia el futuro.

En tal sentido, la construcción actualmente es una de las actividades que más impactos negativos tienen a nivel mundial, ya que para la producción de materiales que se usan en la construcción se necesita un alto consumo de la materia prima encontrada naturalmente en los ecosistemas del planeta, por lo tanto, desde una perspectiva ecológica es necesario generar una visión sostenible en las actividades constructivas el cual debería estar enfocado de manera global en el sistema.

Dentro de este contexto, se debe considerar además que el desarrollo urbanístico comporta el mejoramiento de la calidad de vida del ser humano, de allí que surge la necesidad de observar el caso de Colombia, ya que según estudios realizados por el censo, y aterrizados en un informe del periódico “El Tiempo” en el año del 2013, este país presenta problemas para acceder a una vivienda digna y aunado a ello, los sistemas de construcción deben emplear métodos y prácticas que se enmarquen dentro del concepto de desarrollo sostenible, entendido éste como el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras en la satisfacción de sus necesidades, lo que se traduce en el tema bajo estudio el mejoramiento e inclusión de materiales más ecológicos, en la medida de las posibilidades, toda vez que los materiales tradicionales demandan grandes cantidades de energía, recursos y costos altos de su producción.

En consecuencia, el presente estudio no busca enfocarse únicamente en aspectos técnicos de la construcción, sino que procura ir más allá de los beneficios propios de una empresa, alcanzando niveles profundos de conocimiento respecto a lo concerniente a la construcción y los alcances dentro de una nación, a través del estudio de materiales que se pueden usar e incluso hasta aspectos como la influencia que tiene el patrimonio y uso que tiene cada tipo de terreno para garantizar el tiempo de las construcciones.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Realizar una revisión bibliográfica o estado del arte en técnicas, procesos y materiales ambientalmente amigables “sostenibles” para la construcción de la vivienda unifamiliar que se hayan desarrollado o se estén llevando a cabo en Colombia.

2.2 Objetivos Específicos

- Revisar el estado del arte en los últimos años a nivel de artículos científicos y tesis de grado en relación a los materiales, técnicas y procesos de construcción considerados como sostenibles.
- Dar a conocer, a través de una revisión bibliográfica, al sector académico y constructor los materiales, procesos y técnicas más innovadoras y amigables para la construcción de vivienda unifamiliar desarrolladas en los últimos años en Colombia.
- Determinar la aceptación y uso de materiales y/o técnicas ambientalmente amigables en los empresarios del sector de la construcción.
- Diseñar una cartilla informativa sobre las técnicas, procesos y materiales desarrollados y/o disponibles en Colombia.

3. Justificación

Con el siguiente trabajo se busca poner al alcance de la comunidad académica una recopilación de información en nuestro entorno referente a métodos, materiales y técnicas de construcción amigables con el medio ambiente, y al mismo tiempo demostrar que son económicamente viables para el tipo de construcción que se desarrolla en el país, resaltando tanto posibles proveedores como los usos y procesos que se deben llevar a cabo con los recursos. Entendiéndose como materiales, técnicas y procesos amigables con el ambiente a aquellos cuyo impacto es menor a los resultados que arrojaría uno tradicional.

Al desarrollar este proyecto no solo se pretenden conocer los métodos, materiales y técnicas constructivas sino que a su vez, se facilita el acceso a información relevante para que sea tenido en cuenta al momento de la toma de decisiones el proceso constructivo de edificaciones unifamiliares específicamente, bajo la perspectiva del desarrollo sostenible.

Ahora bien, en atención a ello se pudiera formular una pregunta: ¿Qué papel juega la construcción en la contaminación ambiental? Actualmente, y según estudios del INSTITUTO DE TECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CATALUÑA se menciona que la cantidad de extracción de materia prima es aproximadamente de 2 toneladas dirigidas únicamente para la construcción de una vivienda, por otro lado, se realizó un estudio allí mismo y se obtuvo como resultado que 50 años de consumo energético de una familia promedio equivale al 40% de la energía anual consumida por el país únicamente para el sector de la construcción. (Instituto de tecnología de la construcción de Cataluña)

Otro de los problemas que ha sobresalido después de los estudios realizados por este instituto, EL INSTITUTO DE TECNOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DE CATALUÑA, es el de manejo de las basuras, ya que a pesar de la categorización de estas, en la gran mayoría de casos se está haciendo descarga de los residuos en el mismo lugar sin importar su categoría. (Instituto de tecnología de la construcción de Cataluña)

Por lo tanto, al facilitar la información relevante con respecto a métodos, materiales y técnicas se podrán observar ventajas desconocidas por falta de información, incentivando su uso y así mismo aportando a la disminución del impacto negativo que tiene la industria de la construcción al medio ambiente.

4. Marco Teórico

A mediados de los años 70's, el país estaba atravesando un déficit en el área de la construcción, ello se evidencia según los informes emanados por el Instituto de Crédito Territorial (ICT) ente encargado de financiar la construcción de viviendas populares o de interés social y por información suministrada por el Banco Central Hipotecario (BCH), como entidades encargadas para la fecha de de financiar el movimiento de la finca raíz a nivel nacional, lo que obligó al gobierno nacional a tomar medidas directas para impulsar el desarrollo constructivo en Colombia con la inclusión de normativas ambientales, lo cual impulsó los proyectos de interés social aunque con poca cultura de reciclaje y protección ambiental, ciertamente se trataba del inicio.

Sin embargo, durante el proceso de mejoramiento en el sector habitacional y constructivo del país, debido al proceso de transición e implementación de nuevas normativas y visiones ambientalistas, no fue posible un manejo adecuado y eficaz de los proyectos que representaban el desarrollo ambiental y social del país, lo cual cambió hasta la década de los 90's, que fue cuando empezaron a implementar con veracidad los requerimientos legales y decretos ambientales no solo en la construcción sino en el plan de desarrollo completo del país.(PLAN NACIONAL DE DESARROLLO 2014-2018 TODPS POR UN NUEVO PAIS)

A partir de allí, surge la necesidad de generar cada vez más impactos positivos medioambientales y para el desarrollo de este proyecto nos basaremos en los amplios estudios realizados por diferentes entidades de investigación en los últimos años a nivel nacional y otros datos suministrados por artículos de investigación a nivel mundial.

Debemos tener en cuenta lo que compone y define una vivienda unifamiliar, ya que lo que buscamos es reinventar y adaptar la nueva metodología de construcción para nuestro país; este tipo de vivienda se define como la construcción cerrada destinada para una sola familia, a este tipo de construcción no solamente entran las casa, sino a todo tipo de construcción tipo apartamento. Teniendo en cuenta, por supuesto, todo lo externo que conlleva este tipo de construcción, como lo es la parte cultural, estética y social. Lo que se busca con este proyecto es aterrizar materiales y técnicas que logren acogerse y cumplir con todos estos factores, o al menos en su gran mayoría.



Ilustración 1 fuente: <http://www.residential-solar-panels.us>

4.1 Construcción sostenible

Para entender el verdadero significado de la construcción sostenible se debe saber que no solo hace referencia a la edificación en sí, sino también al entorno en donde se va a llevar a cabo esta y donde se desarrollará su vida útil.

Una construcción sostenible es aquella que está en sincronía con el sitio, hace uso de energía, agua y materiales de un modo eficiente y provee confort y salud a sus usuarios. Todo esto es alcanzado gracias a un proceso de diseño consciente del clima y la ecología del entorno donde se construye la edificación. (Ministerio de Vivienda, 2017)

En atención a ello, se precisa que para la construcción sostenible no solo se deben tener en cuenta todos los factores que pueden influir en el diseño y en los materiales, sino también factores externos como el clima y urbanismo del sector. Básicamente, este tipo de edificaciones busca la adecuada gestión de los recursos naturales, tales como el agua y el ahorro de energía. Hablar de edificaciones sostenibles es hablar del menor impacto negativo para el medio ambiente y el mayor impacto positivo para las personas que habitan en dicha edificación.

Desde esta perspectiva, el Consejo colombiano de construcción sostenible en el año 2016, sobre la base de un estudio realizado por dodge data & analytics, señala:

El principal segmento de crecimiento en la construcción sostenible es la construcción comercial, donde casi la mitad (46%) de los encuestados espera hacer un proyecto comercial sostenible en los próximos tres años. Para este tipo de construcción, una de

sus meta principales es la reducción del alto nivel de consumo energético, pero como anteriormente lo dijimos, no solo referente al hecho de la energía necesaria para la producción de materiales y desarrollo de procesos constructivos, sino también enfocándonos en factores como el consumo una vez la vivienda empieza a brindar los beneficios para lo cual fue construida. (CCCS, 2016)

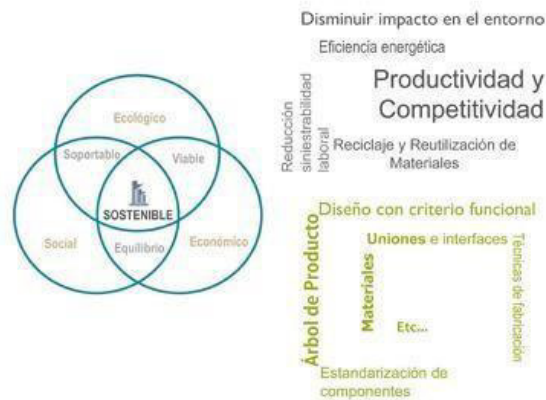


Ilustración 2 fuente: Revista Ambient@

La sostenibilidad tendrá en cuenta no sólo la construcción en la creación del ambiente, sino también los efectos que ésta producirá en aquellos que lo llevan a cabo y en los que vivirán en ellos. La importancia creciente en las consideraciones del "síndrome del edificio enfermo" en los edificios de oficinas y la "sensibilidad ambiental" en la construcción de viviendas ha dado lugar a una mayor consideración de los efectos que los materiales de construcción tienen en la salud humana [Vale et al., 1993].

Se tratará de construir en base a unos principios, que podríamos considerarlos ecológicos y se enumeran a continuación [Kibert, 1994]:

1. Conservación de recursos.
2. Reutilización de recursos.
3. Utilización de recursos Reciclables y Renovables en la construcción.
4. Consideraciones respecto a la gestión del ciclo de vida de las materias primas utilizadas, con la correspondiente prevención de residuos y de emisiones.
5. Reducción en la utilización de la energía.
6. Incremento de la calidad, tanto en lo que atiende a materiales, como a edificaciones y ambiente urbanizado.
7. Protección del Medio Ambiente.
8. Creación de un ambiente saludable y no tóxico en los edificios [Lanting, 1996].

Los recursos disponibles para llevar a cabo los objetivos de la Construcción Sostenible son los siguientes:

- *Energía*, que implicará una eficiencia energética y un control en el crecimiento de la movilidad.
- *Terreno y biodiversidad*. La correcta utilización del terreno requerirá la integración de una política ambiental y una planificación estricta del terreno utilizado. La construcción ocasiona un impacto directo en la biodiversidad a través de la fragmentación de las áreas naturales y de los ecosistemas.
- *Recursos minerales*, que implicará un uso más eficiente de las materias primas y del agua, combinado con un reciclaje a ciclo cerrado.

La definición de Construcción Sostenible lleva asociada tres verbos: *reducir*, *conservar* y *mantener*. La combinación de los principios ecológicos y de los recursos disponibles nos proporciona una serie de consideraciones a tener en cuenta.

La reducción en la utilización de los recursos disponibles se llevará a cabo a través de la reutilización, el reciclaje, la utilización de recursos renovables y un uso eficiente de los recursos. Se tratará de incrementar la vida de los productos utilizados, un incremento en la eficiencia energética y del agua, así como un uso multifuncional del terreno [Lanting, 1996].

La conservación de las áreas naturales y de la biodiversidad se llevará a cabo a partir de restricción en la utilización del terreno, una reducción de la fragmentación y la prevención de las emisiones tóxicas.

El mantenimiento de un ambiente interior saludable y de la calidad de los ambientes urbanizados se llevará a cabo a través de la utilización de materiales con bajas emisiones tóxicas, una ventilación efectiva, una compatibilidad con las necesidades de los ocupantes, previsiones de transporte, seguridad y disminución de ruidos, contaminación y olores. [Lanting, 1996]

A partir de la información anterior, se podrían enumerar a grandes rasgos los requisitos que deberían cumplir los edificios sostenibles:

- consumir una mínima cantidad de energía y agua a lo largo de su vida;
- hacer un uso eficiente de las materias primas (materiales que no perjudican el medio ambiente, materiales renovables y caracterizados por su desmontabilidad);
- generar unas mínimas cantidades de residuos y contaminación a lo largo de su vida (durabilidad y reciclabilidad);
- utilizar un mínimo de terreno e integrarse correctamente en el ambiente natural;

- adaptarse a las necesidades actuales y futuras de los usuarios (flexibilidad, adaptabilidad y calidad del emplazamiento);
- crear un ambiente interior saludable (Lanting, 1996).

Los edificios y la Sostenibilidad

El objetivo principal de los edificios ha sido el de proteger a sus ocupantes de los elementos naturales. Los principales esfuerzos se han enfocado a la mejora de los aspectos necesarios para llevar a cabo este objetivo, es decir, una mejora en la calidad global del edificio y en el dominio de los costes correspondientes.

Actualmente la noción de Desarrollo Sostenible introduce una restricción adicional, que es la de cumplir el objetivo principal de los edificios sin comprometer la posibilidad de las generaciones futuras de satisfacer sus necesidades (Bourdeau, 1996).

Los edificios, a lo largo de su construcción, uso y demolición, ocasionan una gran cantidad de impactos ambientales que nacen de nuestra actividad económica. Éstos ocasionan un gran impacto en el ambiente global a través de la energía utilizada para proveer a los edificios de los servicios necesarios y de la energía contenida en los materiales utilizados en la construcción. Los edificios son responsables de aproximadamente el 50% de energía utilizada y de las emisiones de CO₂ a la atmósfera. El ambiente interior tiene un mayor impacto en la salud y el confort. Otros aspectos incluyen el adelgazamiento de la capa de ozono como resultado de la masiva utilización de productos químicos, como pueden ser los clorofluorocarbonados (CFC's), hidroclofluorocarbonados (HCFC's) y halones, utilizados comúnmente como refrigerantes, etc. (Baldwin, 1996).

El Impacto Ambiental de los edificios

Deberán tenerse en cuenta los impactos ambientales de los edificios y de sus materiales antes, durante y después de su construcción. Los diferentes efectos se considerarán con el coste de adoptar nuevas alternativas prácticas (WWF, 1993).

Los flujos de materia o energía que entran o salen del sistema estudiado contribuyen, de forma diferenciada, a un cierto número de impactos, o efectos (globales), sobre el medio ambiente. Se puede citar el efecto invernadero (o contribución al recalentamiento global), la acidificación atmosférica (o la lluvia ácida), la destrucción de ozono estratosférico, la eutrofización, el agotamiento de los recursos naturales, (Moch, 1996).

Los efectos de los materiales sobre el Medio Ambiente

Evaluar la dimensión medioambiental de un producto de construcción es intentar calificar y cuantificar el peso de los impactos que se le asocian por el conjunto de su ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta el final de su vida (Moch,1996).

El proceso de fabricación de los materiales de construcción, así como de los productos de los cuales muchos están formados, ocasiona un impacto ambiental. Este impacto tiene su origen en la extracción de los recursos naturales necesarios para su elaboración, incluyendo el proceso de fabricación y el consumo de energía, que deriva en emisiones tóxicas a la atmósfera.

Muchos de estos procesos originan emisiones tóxicas a la atmósfera, que resultan contaminantes, corrosivas y altamente perjudiciales para la salud. Lo que se pretende con la aplicación de los criterios de la construcción sostenible es la construcción de edificios con una disminución de estos materiales y evitar, siempre que sea posible, la utilización de sustancias que al final de su ciclo de vida, originen residuos peligrosos.

Los principales efectos sobre el Medio Ambiente de los materiales utilizados en la construcción son los siguientes:

- consumo energético;
- producción de residuos sólidos;
- incidencia en el efecto invernadero;
- incidencia en la capa de ozono;
- otros factores de contaminación ambiental [Casado, 1996]

Estrategia de minimización de impacto ambiental de los materiales de construcción

Una estrategia óptima para minimizar el impacto ambiental sería aquella que utilizase soluciones que minimizaran de manera equilibrada los efectos que éstos producen sobre el Medio Ambiente, es decir, sobre el consumo de energía, la producción de residuos y la contaminación (Speare,1995).

Utilización de materiales reciclables para la producción de los agregados del hormigón en lugar de utilizar materias primas naturales.

Reciclaje de materiales: reutilización de la madera, utilización de materiales reciclados/reutilizados en la construcción de las paredes, techos y suelos; uso de residuos industriales en algunos materiales (Baldwin, 1996).

Cabe destacar que la madera es un recurso natural renovable, que consume poca cantidad de energía en su proceso de transformación como material de construcción, pero los tratamientos de conservación y protección que se apliquen pueden originar emisiones y residuos tóxicos. Las pinturas, disolventes y los tratamientos realizados a la madera plantean importantes riesgos para la salud humana y los perjuicios que supone al ambiente a lo largo de su producción, uso y disposición final (WWF, 1993).

Reutilización de residuos de otras construcciones o demoliciones, en un nivel de alta calidad y que no sean utilizados en aplicaciones de baja importancia o vertidos en los vertederos. (Speare, 1995).

El impacto ambiental debido al transporte de los materiales supone un coste indirecto en términos de contaminación en cuanto a las emisiones de CO₂ producidas por los gases de escape.

El diseño del edificio y la elección de los materiales se realizará teniendo en cuenta una minimización en la cantidad de materiales que liberen sustancias químicas peligrosas y la incorporación de materiales y componentes con un bajo índice de ODP (ozone depletion potential) (Baldwin, 1996).

4.2. Desarrollo sostenible en Colombia

No obstante, para alcanzar un alto nivel de sostenibilidad y de protección ambiental en los procesos constructivos, es necesario que las empresas e incluso el Estado manejen información certera y precisa de los niveles contaminantes de los materiales utilizados en los procesos constructivos.

A tal efecto, se estableció una lista de los materiales que más afectan ambientalmente y que son usualmente empleados en la construcción, esta lista fue tomada de estudios realizados por “Suiza Ecoinvent”, esto según lo publicado por el país semanal (Blogs) en el año 2010, hablando sobre la contaminación que ocasiona un ladrillo; los cuales son también parte de los más usados en nuestro país. De estos encontramos materiales como:

Materiales	Kg de CO2
Aluminio	8,57
Poli estireno expandido	7,34
Espuma rígida de poliuretano	6,79
PVC	4,27
Cobre	2

*Tabla 1 Fuente: Datos tomados de Suiza Ecoinvent
Materiales comunes en la construcción que mas contaminan*

En el caso del cemento, es necesario hacer unas consideraciones particulares, en especial basándonos en lo expuesto por la Revista sección, que se basa en los estudios otorgados por la Universidad Católica de Colombia, cuyo artículo en el año 2013 habla que el 5% de toda la producción mundial de CO₂ se debe a la fabricación del cemento y este es un porcentaje que en años sucesivos no solo se mantendrá sino que se incrementará conforme se activen las economías emergentes asiáticas.

Tal situación se agrava dado que por cada tonelada de cemento producida por el sistema convencional produce una tonelada de CO₂; en tanto que si en vez de cemento convencional, se producen cementos especiales se puede llegar a reducir la cifra de emisiones de CO₂ a 0,4 toneladas por tonelada producida. (Revista Sección, 2013)

Ciertamente, según lo expuesto por Camilo Alvarez en el Blog el País:

Quizás el hecho de cambiar en un 100% el uso de estos materiales en las construcciones es un plan lejano en la actualidad de nuestro país, pero teniendo en cuenta los usos que se le dan y los fines constructivos que tienen se pueden buscar alternativas para adaptar y reemplazarlos con nuevas alternativas. (Alvaréz, 2010)

Ahora bien, el sostenimiento en Colombia no solo se está dando a conocer por medio de las construcciones, sino también en el estilo de vida y conciencia de los ciudadanos, ya que el país está viéndose en un proceso incluyente de todos los temas referentes a procesos que generen desechos, el urbanismo está generando nuevas normas para realizar todas las actividades cotidianas de una manera más sana para el medio ambiente y no solo así, ya que elementos tan necesarios y usualmente usados por la sociedad están siendo investigados para demostrar nuevos métodos y formas de usarlos de manera que sea de menos impacto para el medio ambiente; así lo demuestran estudios realizados por asociaciones como la del reciclaje en el país, las cuales otorgan una guía para el uso correcto al papel.

5. Materiales y técnicas

Un material es todo aquello que se puede obtener sobre la corteza terrestre con capacidad de transformarse y adquirir propiedades mucho mejores que las iniciales.

Ahora bien, enfocando esta definición en los materiales de construcción, se pueden entender a los elementos que después de un proceso de preparación se logran obtener para el desarrollo arquitectónico de una edificación o construcción.

Para el caso específico sometido a estudio, que es el de la vivienda unifamiliar, los materiales que tradicionalmente se utilizan para su construcción exigen de mucha energía en el proceso de fabricación y preparación, lo cual evidentemente genera impactos negativos en el ambiente, no solo por el consumo de energía sino también debido a la emisión de gases tóxicos generados en el proceso, lo que conlleva a daños incalculables en los ecosistemas, ello observado desde la óptica ambientalista, en tanto que en el plano económico el uso de este tipo de materiales tradicionales también genera efectos negativos, ya que debe existir un mantenimiento permanente de la construcción para extender una vida útil óptima.

Ahora bien, para el desarrollo del proyecto se explicará de manera desglosada hablando de cada una de las fases constructivas, teniendo un énfasis en los materiales más viables para la construcción sostenible en nuestro país, teniendo en cuenta los beneficios ya mencionados y haciendo énfasis en elementos importantes como la rentabilidad, sus propiedades y su forma de obtención.

5.1. Concreto reciclado

El concreto, como lo define el libro “TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y MORTERO”, escrito por Diego Sánchez de Guzmán, no es solo la única roca que el hombre puede crear, sino también un material de construcción que se diseña según normas

establecidas, para fines determinados con características no solo económicas sino técnicas y beneficios de facilidad en su uso.

Ahora bien, para este caso, en el que tenemos como referencia principal de la investigación la tesis de grado del arquitecto Carlos Mauricio Bedoya Montoya, arquitecto que optaba por el título de máster en la escuela del hábitat, en la Universidad Nacional de Colombia, con sede en Medellín; y para introducir el hecho de que trabajaremos el área del uso de un material que pierde su característica de maleable y fácil de transportar, ya que se usa en su etapa final, que es después de secado, se debe tener en cuenta que su recolección puede tornarse dificultosa, más aún si se toma en consideración que generalmente al inicio de una construcción se hace necesario limpiar de cualquier tipo de construcciones antiguas el área, de allí que sea común y necesario derribar y extraer escombros, lo que indudablemente genera gran cantidad de residuos y además de ello durante el proceso constructivo también se producen muchos más.

Ilustración 3 Fuente:



Revista cyt

Apartando el hecho públicamente metodología que no mercado constructivo también como un camino a la optimización de recursos sin afectar la calidad del producto constructivo.

que ya es conocido, esta lleva mucho en el se presenta

El reciclaje de escombros, según experiencias de otros países, resulta muy rentable y muy organizado en algunos países europeos como Alemania y Holanda, de allí que surge la necesidad de investigar todos los posibles usos para esta gran cantidad de escombros e incluso convertirlos en materia prima. (Bedoya C. M., 2003)

Sin embargo se deben realizar una serie de procesos referidos a la disponibilidad de materias primas que puedan ser reutilizadas y a la resistencia máxima del concreto transformado en escombros para ser usado nuevamente, es decir, tener un claro

seguimiento no solo de adonde se quiere llegar, sino de donde se está obteniendo este recurso y cuáles son sus características generales.

Por lo tanto, y según lo que el autor nos ilustra se deben distinguir entre los tipos de escombros, ya que éste no proviene únicamente del concreto, así se especifica el derivado del concreto de una demolición, el que proviene de los ladrillos y morteros y el que es producto de material cerámico. Entre los tipos de negocios podemos encontrar:

- Prefabricados (Tejas, tubos, etc.)
- Residuales (Materiales elaborados en obra)



*Ilustración 4 Fuente: es.dreamstime
Tipos de escombros de la demolición*

En teoría, la reutilización y el reciclaje de residuos de demolición es no solo económica sino también técnicamente viable, especialmente cuando el contenido de concreto es elevado. En este sentido es relevante conocer la composición e historia que tiene el material reciclado que se desea utilizar.

En países como Holanda, Dinamarca y España este tipo de proyectos ambientalistas no solo fueron apoyados por el direccionamiento del país, los cuales desarrollaron planes para el uso de los residuos de construcción, cuyo resultado fue casi detener casi por completo la producción de residuos, sino también por empresarios que se dieron cuenta que esta iniciativa en pro del medio ambiente disminuiría el costo del proceso constructivo, por el transporte y depósito de estos; y al mismo tiempo la compra de materia prima nueva para avanzar en la construcción. (Bedoya C. M., 2003).

Aquí deben ir de la mano autoridades, comunidad y academia, de tal forma que se generen procesos de transformación de hábitos en cuanto a problemas ambientales como el de los escombros y las materias primas para concreto, que paulatinamente deriven en prácticas asimilables culturalmente por los habitantes de un barrio, una comuna o una ciudad. (Bedoya C. M., 2003)

Según el trabajo investigativo del arquitecto Carlos Mauricio Bedoya en su tesis el concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles,

desarrollada en la Universidad Nacional de Colombia en el año 2003: Si se reciclara cuando menos el 40 % de los escombros producidos en Medellín diariamente, se estaría hablando de unas 1600 toneladas que no llegarían a puntos negros ni a rellenos sanitarios y que además no se estarían extrayendo de las laderas altamente afectadas del Valle de Aburrá. (Bedoya C. M., 2003)

5.1.1. Descripción técnica

A continuación se dará a conocer el procedimiento que usó el autor de la tesis, quien demostró la viabilidad técnica de esta metodología en su trabajo el concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles:

- a) Se seleccionaron tres diferentes tipos de residuos (Concreto resultado de demolición, ladrillo con mortero proveniente de demolición y cerámica con pega proveniente de la demolición).
- b) Se trituraron los materiales recolectados por separado.
- c) Se usó el tamiz N°4 para determinar y separar el material grueso del fino.
- d) Se le realizó un ensayo de absorción para cada uno de los casos, usando cemento portland tradicional, y se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 1 Fuente:
2003)
absorción de los

Muestra	% De absorción
Control	3,45
Reciclado concreto	8,34
Reciclado ceramicas	5,66
Reciclado ladrillo y mortero	4,82
Muestra	% De absorción
Control	1,26
Reciclado concreto	5,35
Reciclado ceramicas	5,24

(Bedoya C. M.,
Porcentaje de
áridos finos

Reciclado ladrillo y mortero	15,1
------------------------------	------

*Tabla 2 Fuente: (Bedoya C. M., 2003)
Porcentaje de absorción de los áridos gruesos*

De lo cual se pudo concluir que presenta un mayor absorción de agua por parte de los finos reciclados y por otro lado, en cuanto a los áridos gruesos se puede decir que sus porcentajes de absorción (materiales reciclados) son mucho más elevados, con lo cual se pudo concluir por el realizador de la tesis que las superficies de las muestras mostraron porosidades notorias.

- e) Después que se lograron determinar las posibilidades para los materiales estudiados, se dio inicio con las pruebas diseñando mezclas para una resistencia a los 28 días de 21MPa, que para este caso, su relación agua/cemento que usó el autor fue de 0,45; teniendo en cuenta tanto factores de economía como de facilidad, y por otro lado también hay que tener en cuenta que el material que se usa debe estar previamente secado. Exceptuando la muestra “control”, el material fino y grueso convencional fue reemplazado por material reciclado.

Muestra	7 días (Mpa)	28días (Mpa)
Control	14,12	21,56
Reciclado concreto	13,9	21,53
Reciclado ceramicas	13,1	20,47
Reciclado ladrillo y mortero	10,24	17,45

Tabla 3 Fuente: (Bedoya C. M., 2003)

Resultado de pruebas de compresión a diferentes edades

- f) Por otro lado se le realizaron estudios de ensayos a flexión para estas muestras, y según lo obtenido por el autor, se arrojaron los siguientes resultados:
- Mezcla de control, resistencia a la flexión: 6,61 MPa
 - Mezcla con agregado grueso reciclado, resistencia a la flexión: 6,82 MPa
 - Mezcla con agregado fino reciclado, resistencia a la flexión: 5,63 MPa

La relación A/C fue de 0,41 para todas las mezclas. (Bedoya C. M., 2003)

Según los anteriores datos, resultados de las pruebas realizadas, podemos concluir que al agregar material triturado grueso reemplazando la mezcla tradicional se logra incrementar su capacidad de resistencia a la flexión, como se logra observar en este caso de muestras.

Como principal aplicación al concreto reciclado, el autor vio no solo por su viabilidad sino gran aplicabilidad, crea elementos prefabricados con este concreto reciclado, para comprobar la viabilidad técnica, el autor le realizó ensayos a tres muestras diferentes.



*Ilustración 5 Fuente: (Bedoya C. M., 2003)
Prefabricados en concreto reciclado*

Al obtener los resultados ya mencionados, el autor opta por enfocarse en la mezcla con concreto reciclado, pero haciendo un aplicativo más práctico, el de realizar bloques prefabricados de este material de diferentes tamaños y aplicarle a estos pruebas ya más aterrizadas. Los resultados de estas fueron los siguientes:

Muestra	Bloque #	(Mpa)
---------	----------	-------

Bloque 10. 20. 40 cm	1	4,5
Bloque 10. 20. 40 cm	2	4,8
Bloque 10. 20. 40 cm	3	5
Promedio		4,8

Tabla 4 Fuente: (Bedoya C. M., 2003)

Resistencia a la compresión de los bloques reciclados a los 28 días

5.1.2. Factibilidad económica.

Para el caso de la factibilidad de esta aplicación constructiva para nuestro medio en la actualidad, daremos a conocer los valores, que es su momento, el autor logró recopilar para su proyecto de grado, pero también se mostrará las diferencias económicas que estos presentan.

1:2:3 Rel A/C mezclas = 0,45	
Cemento:	7 sacos · m ³ (350 kg) = 7 · \$18000 = \$126000
Agua:	350 · 0,45 = 0,158 · \$1071 = \$169
Arena:	700 kg / 1800 kg/m ³ = 0,39 · \$24200 = \$9438
Cascajo:	1050 kg / 1800 kg/m ³ = 0,58 · \$21700 = \$12586
Preparación:	Mano de obra = \$11500
Total: \$ 159693	

Tabla 5 Fuente: (Bedoya C. M., 2003)

Costo por metro cubico de concreto convencional

1:1,8:1,9 Rel A/C mezclas = 0,45	
Cemento:	7 sacos · m ³ (350 kg) = 7 · \$18000 = \$126000
Agua:	350 · 0,45 = 0,158 · \$1071 = \$169
Arena:	630 kg / 1500 kg/m ³ = 0,42 · \$10976 = \$4610
Cascajo:	665 kg / 1500 kg/m ³ = 0,44 · \$10976 = \$4829
Preparación:	Mano de obra = \$11500
Total: \$ 147108	

Tabla 6 Fuente: (Bedoya C. M., 2003) recio por metro cubico de concreto reciclado

Se analizan los resultados obtenidos de los laboratorios y el ahorro es del 7%, esto según el autor de los estudios, pero hay que tener en cuenta que en ciertos casos hay que aplicarle un porcentaje extra de cemento al concreto reciclado para que tenga la misma resistencia del concreto cotidiano, o así lograr obtener uno con mejores características físico mecánicas.

Para concluir, como investigadores de esta metodología en particular se nos hace sorprendente que en Colombia aún no se desarrolle por completo esta idea, ya que solo empresas como Argos y revistas como Construdata siguen de manera no muy cercana esta técnica como método comercial; personalmente nos parece que no solo brinda un apoyo ambiental en el medio constructivo sino que disminuye los costos sin afectar las propiedades técnicas.

5.2 Bloques de suelo-cemento

Esta metodología constructiva surgió, más que como una alternativa para el cuidado del medio ambiente, como una necesidad para generar viviendas de bajo costo sin descuidar la calidad de estas.

Como lo mencionan los ingenieros Ruiz y Padrón en su tesis de grado, a lo largo de la historia, en todo el mundo, en especial en Latinoamérica se ha hecho uso de la tierra

como material constructivo, pero su tecnificación se ha ido perfeccionando con el paso de los años; desde el uso de bareque o tapia pisada, hasta en la mampostería; como lo es el bloque de tierra comprimida o BTC o bloque de suelo-cemento el cual por su proceso de elaboración y técnica de aplicación lo hace muy interesante. (Ruiz, 2015)



Ilustración 6 Fuente: CANNABRIC Construcción en tierra

Ahora bien para iniciar se debe tener en cuenta y se debe hacer un estudio previo al material principal con el que se va a trabajar, para este caso, la tierra. Este, como material constructivo es el más antiguo elemento usado para la construcción, ya que con este material fue que se dio inicio a la construcción de las grandes ciudades, y no solo eso, actualmente.

El bloque de tierra comprimida, a diferencia de los bloques de barro o adobe no son lo mismo, ya que hay que tener en cuenta el estudio del material, las proporciones para la combinación y en aglomerante necesario, que en este caso sería el cemento; por lo tanto se puede decir que la técnica que estamos estudiando, esta técnica sería la evolución de la construcción manteniendo la idea base.

Por otro lado no basta con saber qué es y en qué se ha mejorado el uso de la tierra, sino que tipos de suelos existen y cuales son útiles para este tipo de construcción. Según los autores de la tesis de grado llamada “EL BLOQUE DE SUELO CEMENTO (BSC) AL BLOQUE DE SUELO GEOPOLIMERIZADO (BSG)” del año 2012, el suelo se divide en cuatro grandes grupos, según lo expuesto por el autor precedentemente referenciado, éstos son: Arenosos (no tienen agua), Calcáreo (abundantes de sales calcáreas y áridos), gomífero (abundante materia orgánica), arcillosos (suelos finos que retienen el agua). (Montoya O. N.-C., 2012)

TIPOS DE SUELOS



*Ilustración 7 Fuente: EMAZE
Tipos de suelos*

Según como lo informa la arquitecta Mariana Gatani en su informe de la construcción en el año 2000 (Gatani, 2000), acerca de los bloques de suelo comprimido, dice textualmente que: “El suelo adecuado para ser estabilizado con cemento es el que da una resistencia elevada y poca contracción al secarse. Esto significa tener aptitud para ser compactado. Este suelo debe tener presencia de arena, limo y arcilla, aunque estos últimos en escasa proporción, a fin de que den la necesaria cohesión a la mezcla y completen la porción de contenido de fino en la curva de composición granulométrica.” (Gatani, 2000)

Por otro lado, Montoya nos ratifica lo anteriormente mencionado agregándonos un dato muy importante, ya que después de los estudios realizados para su trabajo de grado logró concluir que el suelo más óptimo para este método es el cual cuya composición se acerque lo más posible al 70% de arenas y el otro 30% este distribuido entre arcillas y limos. El nombre para el suelo que se desea llegar es areno arcilloso. (Montoya O. N.C., 2012)



*Ilustración 8 Fuente: Dreamstime
Red Clay Soil Dirt in a Farm*

Para acabar de mencionar el tipo de componentes que hacen parte de la mezcla para dar un buen resultado a la técnica se debe mencionar que como aglomerante se usa cemento gris, teóricamente se le añade, en proporción, el 7% del volumen total de la mezcla; pero cabe resaltar que como cualquier proceso constructivo, el realizar datos tan exactos en campo retrasa el proceso, así que se debe cumplir con esto lo más cercano a lo deseado con los pesos que se estén llevando de cada material y por último factores importantes como la humedad del suelo para acertar con la cantidad de agua.

5.2.1 Descripción técnica

Basándonos en el proceso que se llevó a cabo en el proyecto integrador realizado por los estudiantes de ingeniería civil en el año 2016, teniendo como técnica única a desarrollar la elaboración de bloques de suelo comprimido daremos una detallada explicación del proceso que se debe llevar a cabo acompañado de fotografías tomadas en campo durante este.

- 1) Se identifica el suelo, aparte de sus características por composición, este suelo es fácil de identificar por sus granos de color amarillento; cabe recordar que su composición ideal es de un 70 a 80% de arena, 20 a 30% de limo, 5 a 10% de arcilla, como lo explica en su tesis el autor Carlos Mauricio Bedoya (Bedoya C. M., 2003).
- 2) Como segunda instancia, sabiendo el volumen total, se calcula la cantidad de cemento necesario para la mezcla, este volumen de cemento varía entre el 6% y el 10% del volumen total, dependiendo principalmente de la humedad natural de la tierra.

- 3) Por último, después de haber dejado lo más homogénea la mezcla, se toma y se introduce a la prensa mecánica, esta prensa, es una prensa manual que se compacta al hacer presión sobre la manija y compacta el material dándole la forma y la rigidez de un bloque.
- 4) Por último, se ubican en un lugar que no presente humedad agresiva y se deja terminar de curar, por la presencia del cemento se hace necesaria la intervención de una o dos veces al día una hidratación al bloque, dependiendo el clima.



*Ilustración 9 Fuente: Casa Ecológica
Bloques de tierra, casas ecológicas*

Los bloques de suelo de cemento constituyen el material resultante de la mezcla adecuada y proporcional entre el suelo, cemento y agua, con un proceso de compactación adecuado como el explicado en líneas anteriores, brinda propiedades físicas y mecánicas óptimas para un buen desempeño no estructural en la construcción, Bedoya (2007) encontró según las condiciones particulares de sus ensayos, una mezcla adecuada que fue de suelo (limo conformado por granos finos de color amarillento compuesto de un 70 a 80% de arena, 20 a 30% de limo, 5 a 10% de arcilla), cemento entre un 6% y un 10% de volumen total de la mezcla que actúa como aglutinante o aglomerante hidráulico. (Montoya O. N.-C., 2012)

5.2.2. Factibilidad económica

Para lograr determinar la factibilidad económica podemos empezar teniendo en cuenta la cantidad y el tipo de materiales que se necesitan, por lo tanto, a pesar de lo rustico que pueda verse esta técnica constructiva podemos decir que es sumamente viable y aplicable por su muy bajo costo y alta calidad que brinda. Según los resultados de nuestro proyecto integrador, suponiendo se tiene la tierra, cada bloque tiene un costo de \$120.

5.3 Bloque de Suelo Geo polimerizado (BSG)

Como re adaptación a la técnica anterior, surgió una evolución de este método, en el cual su principal diferencia es el uso de una mezcla geo polimérica, la cual busca reemplazar el cemento brindando de igual manera todas las características físicomecánicas que nos ofrece el cemento.

Los geo polímeros son materiales sintéticos desarrollados para dar mayor durabilidad y mejores resistencias mecánicas que se desarrollan con bajos costos en materias primas para su elaboración. (Montoya O. N.-C., 2012)

Para el suelo, se usó un suelo con un porcentaje de humedad aproximado del 14,3%. Como aglomerante se decidió usar un tipo de cenizas volantes tipo F, estas cenizas son el residuo de las actividades de las termoeléctricas, las cuales puede alcanzar a reemplazar hasta un 20% del volumen total de lo que se usará en cemento. (Montoya O. N.-C., 2012)

Para el caso de esta técnica constructiva se puede decir que tiene el mismo segmento de uso, es decir, el levantamiento de muros divisorios o muros con cargas bajas, la gran diferencia parte de su material se ve en el mejoramiento en calidad y durabilidad.



*Ilustración 10 Fuente: Hábitat verde
Bloques comprimidos*

5.3.1 Descripción técnica

Se realizaron ensayos de compresión y estudios microscópicos del comportamiento de las diferentes mezclas, tanto del bloque de suelo con cemento (BSC) como el bloque de suelo geo polimerizado (BSG), a continuación se muestran las tablas de composiciones que nos regalan los autores Olga Yepes y Carlos Bedoya en su tesis de trabajo (Montoya O. N.-C., 2012):

Ensayo de Compresión

Peso suelo: 1 800g
Peso cenizas (10%) = 180g
Agua (12%) = 216g
Geopolimero (5%) = 109,8g
Presión final: 50,9 KN
Peso cilindro + mezcla= 6,344 kg

Suelo: 1 800 g
Cenizas (5%) = 100g
Cemento (5%) = 100g
Agua (12%) = 240g
Agua (14%) = 273,8g
Geopolimero (5%) = 117,8g

*Tabla 7 Fuente: (Montoya O. N.-C., 2012)
Tablas de resultado de ensayo de compresión*

El bloque de suelo geo polimerizado tuvo una mayor resistencia tanto por su composición más elaborada de materiales como por su reacción en conjunto.

A continuación se expondrá lo que lograron concluir los autores de la tesis:

BSC	BSG
<p>*Se observa el cemento sin reaccionar.</p> <p>*No hubo buena dispersión del cemento a causa de la humedad del suelo.</p> <p>*El suelo se encuentra suelto, no hubo adherencia.</p> <p>*La resistencia se puede estar dando solo por la compresión, lo que lo convierte en un material inestable en contacto con el agua.</p> <p><i>Es preferible formar una lechada de cemento para su elaboración y trabajar con arcillas magras (arenas), poco plásticas.</i></p> <p><i>Se determina que la Cinva-Ram, no confiere la fuerza de confinamiento requerida para aumentar las propiedades de los materiales (100 kgf).</i></p>	<p>*Se observa distribución homogénea de la mezcla.</p> <p>*No se observa el geopolímero debido a su reacción y transformación en un nuevo compuesto, para observarlo se requiere una espectropía de absorción infrarroja.</p> <p><i>Buena parte del resultado satisfactorio, se debe a que la compactación se realizó con prensa hidráulica.</i></p>

*Tabla 8 Fuente: (Montoya O. N.-C., 2012)
Tablas comparativa de conclusiones*

5.4 Mampostería con cartón Reciclado

El cartón fue diseñado para un sinfín de utilidades, en todo tipo de sectores del comercio por ejemplo, pero en el afán de la continua evolución en reinventar técnicas de todo tipo, este material fue incluido entre los materiales adaptables para usos constructivos como lo explicaremos a continuación con ayuda de una revisión bibliográfica acerca de este material como parte fundamental de nuevas técnicas en mampostería.

Por otro lado, según lo demuestran los autores de la tesis sobre el cartón como material constructivo, tesis que se llevó a cabo en la ciudad de Bogotá, no solo mampostería se ha desarrollado con ayuda de este material, también se han ido evaluando y trabajando sistemas constructivos para cubiertas.

El proyecto, como se mencionó, se enfocó en la construcción de aulas en Bogotá, las cuales debían ser diseñadas y construidas con metodologías y materiales sostenibles capaces de resistir climas húmedos y fríos como lo es el de Bogotá.

Como lo mencionan en el informe (Cerón, 2013), el sistema que usaron para la etapa de la mampostería de estas aulas fue el de Steel Framing, el cual se refiere al uso de perfiles de acero galvanizado, un sistema ligero y muy flexible que es el sistema que hace parte de la construcción tradicional de países como Australia, Canadá, USA, entre otros. (Cerón, 2013)



*Ilustración 11 Fuente: Enraiza
Steel Framing*

Se puede decir que al ser reutilizable y liviano optimiza muchísimo más el tiempo y los recursos ya que la mano de obra toma un protagonismo mucho más fuerte en comparación con el valor que tomaría la utilización de equipos y todo lo que ello implica, el alquiler, el tiempo de instalación y desmonte, los operarios, mantenimientos, entre otros.

Para la propuesta de estudio de la aplicabilidad se usa un compuesto con núcleo de cartón y láminas de fibrocemento para darle una cubierta al cartón que lo impermeabilice, pero como era de esperarse para los estudios de flexión los paneles sencillos no funcionaron ya que no se podrían obtener las resistencias necesarias, por lo tanto se

tuvieron que rediseñar estos paneles, dándole espesores de entre 4 mm y 19 mm según los requerimientos necesarios. (Grabowski)



*Ilustración 12 Fuente: La Bioguía
Paneles Prefabricados*

5.4.1 Descripción técnica

Para explicar la metodología de usos, características específicas y resultados de ensayos decidimos basarnos en lo obtenido por los estudios que se le realizaron a la lámina de 4 mm de grosor ya que fue con la que se desarrolló el proyecto de grado de estudio.

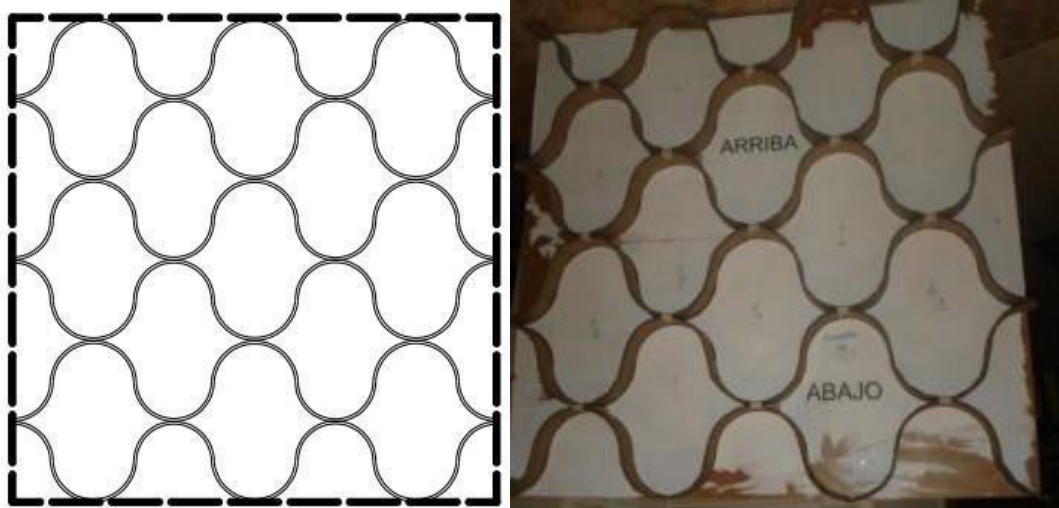
En ese caso para lograr mantener el panel mucho más rígido, y garantizar su completa utilidad se le puso los apoyos tipo anclaje cada 20 cm, cuando por lo general (dependiendo el grosor) se ubican cada 60 cm aproximadamente. (Cerón, 2013)

El núcleo de cartón corrugado se pretende usar con diseño alveolar, el cual se refiere al diseño similar al de un panal de abejas, el cual presenta un peso mucho menor y un mejor desempeño al recibir las cargas. Para ello se usaron moldes que generan las ondulaciones y solo producen el 3% de desperdicio.

Peso teórico: 18 Kg

Tablero: 1 m x 2 m

A continuación se podrá observar el diseño que se quería obtener inicialmente y el molde que se usó para conseguirlo:



*Ilustración 13 Fuente: (Cerón, 2013)
Perfil de la placa*

Ahora bien, para este proyecto, teniendo en cuenta la debilidad que presentan las láminas de cartón reciclados ante factores como el fuego, el agua y otros agentes se decide usar un elemento constructivo llamado como “Láminas de Ecoplak” las cuales son fabricadas por composiciones aglomeradas de cartón termo cubiertas e impermeabilizadas.

5.4 ECOPLAK (Ficha técnica)

Son laminas aglomeradas de 2.44 m x 1.22 m, en espesores de 4, 9, 12, 15 y 19 mm; con características de madera sintética, elaborada en mezcla de fibra (75%), aluminio (5%) y polietileno (20%). (ORIÓN, 2005)

Las características técnicas que se evalúan en un aglomerado de este tipo, son Modulo de rotura, Modulo de elasticidad, Arranque al tornillo por la cara, Arranque al tornillo por el canto y Humedad. En la Tabla 1 se presenta la relación de los diferentes parámetros evaluados a las láminas ECOPLAK®, comparados con los valores de la norma y del aglomerado de mayor calidad en el mercado Colombiano. (ORIÓN, 2005)

5.4.1 Descripción técnica

Parámetros de calidad para tableros aglomerados :

Parámetro	Unidad	ECOPLAK®	Tablex Pizano	NTC 2261- MGS
Modulo de Rotura	N/mm ²	20	17.6	14.5
Modulo de Elasticidad	N/mm ²	1489	2000	1500
Arranque Tornillo Cara	N	726	1100	550
Arranque Tornillo Canto	N	852	700	650
Humedad Máxima	%	4	5-6	6
Densidad	Kg/m ³	1070	600	AD>800

Ensayos de calidad de aglomerados ECOPLAK® CITEC – Laboratorio de materiales – Universidad de los Andes.

*Tabla 9 Fuente: Resultados (ORIÓN, 2005)
Ensayos de calidad del material*

Con base en la tabla de clasificación de la norma IRAM 11910-1, el ECOPLAK® se clasifica como “RE 4 – Material de mediana propagación”, clase a la que pertenecen los materiales con índice de propagación de llamas promedio I_p entre 76 y 150. (ORIÓN, 2005)

Determinación propagación superficial de llamas:

Parámetro	Símbolo	Valor	Norma
Factor de propagación de llamas	F	5.63	ASTM E 162
Factor de Evolución de calor	Q	16.60	ASTM E 162
Índice de propagación de llamas	I_p	93.39	ASTM E 162

Tabla 10 Fuente: Resultados (ORIÓN, 2005) Determinación de propagación de llamas.

El ECOPLAK® supera ampliamente las expectativas respecto a la absorción de agua y al hinchamiento, lo que permite concluir que posee una altísima resistencia a la humedad, diferenciándose en gran medida de los demás aglomerados existentes, los cuales presentan comportamiento muy deficiente en este parámetro. (ORIÓN, 2005)

Determinación d propiedades físicas del material:

Parámetro	Unidad	Valor	Determinado con Norma	Valor exigido Norma UNE 56740
Conductividad Térmica -	W/m ^o K	0.22	ASTM C 518	
Absorción de Agua				
1 hora	%	0.4	ASTM D1037	30
24 horas	%	1.4		
Hinchamiento	%	1.7	ASTM D1037	17

*Tabla 11 Fuente: (ORIÓN, 2005)
Determinación de propiedades físicas del material*

La Tabla 4 presenta los pesos correspondientes a las láminas ECOPLAK® en sus diferentes espesores.

Espesores y pesos del ECOPLAK:

Espesores	4 mm	9 mm	12 mm	15 mm	19 mm
Peso lámina de 2.44 x 1.22 m, en Kg	12	27	36	45	57

*Tabla 12 Fuente: Tesis Mencionada (ficha técnica del material)
Espesores y pesos del material*

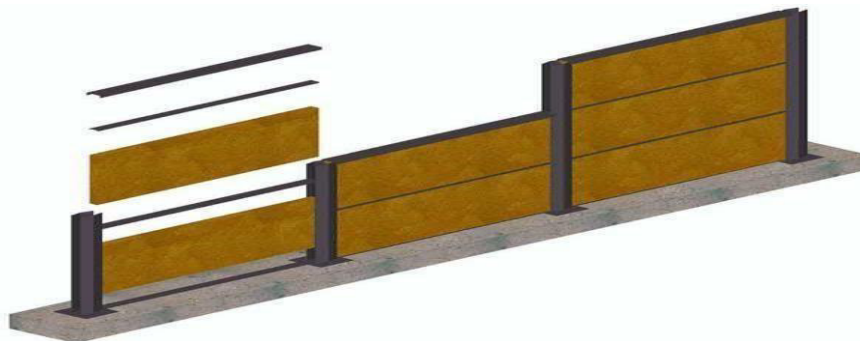


Ilustración 14 fuente: Tectonica-online.com

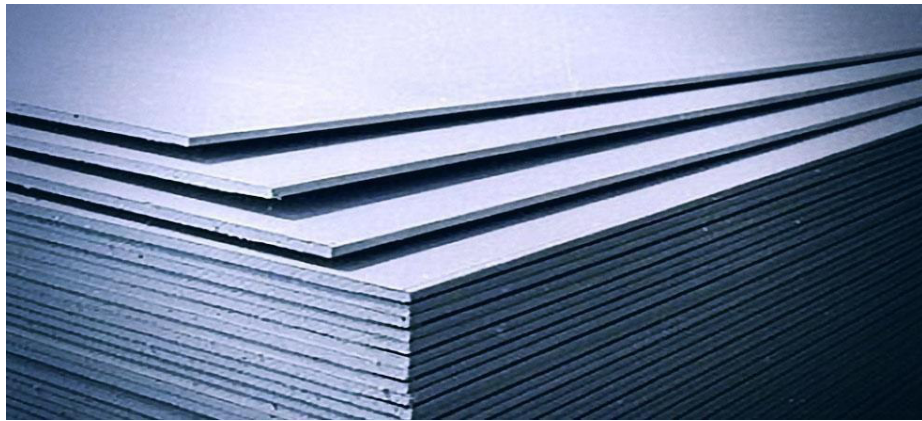
5.5 Muros en Tubos de cartón

Los tubos PAR3 hacen referencia a tubos de cartón corrugado el cual industrialmente es construido para enrollar las telas para la comercialización, los tubos no tienen dimensiones definidas, todo depende de la cantidad de metros de tela que serán enrollados.

Actualmente en el mundo se están buscando alternativas para la fabricación o adaptación de eco-materiales, para este caso es la adaptación de estos tubos para el establecimiento de secciones para reemplazar la mampostería tradicional.

Hablando de tipos de paneles livianos empleados para la construcción en la construcción tradicional, se pueden mencionar los siguientes:

- **Placas de Fibrocemento:** Es una placa plana compuesta por cemento tradicional tipo portland y una composición de fibras naturales y aditivos, que otorgan características como altas presiones a impactos, un amplia gama de espesores, resistencia a humedades y hongos, alta resistencia a la flexión y fácil desarrollo de acabados.



*Ilustración 15 Fuente: abcpedia.com
Placas de Fibrocemento*

- **Placa de Yeso:** Con un núcleo en yeso, esta placa genera un aislamiento térmico y una optimización de cargas muertas y tiempos de ejecución constructiva.



Ilustración 16 Fuente: Construyendo con Jorge (Blog) Placas de yeso

- **Placa de Porón:** Su núcleo está conformado por polietileno expandido, con una estructura de acero galvanizado y conectores electro soldados. Presenta características como:
 - Es ligero: gracias a su bajo peso los paneles presentan una notable facilidad de transporte e instalación. Un panel antes de la aplicación de concreto pesa de 3 kg/m a 5 kg/m
 - Reducción de costos: disminución en los gastos administrativos y financieros gracias a la reducción del tiempo de ejecución de obra.
 - Debido a la reducción del 50% del peso muerto frente a una mampostería tradicional, una obra construida con Durapanel permite importantes ahorros en cimentación y estructura
 - En el sistema Durapanel se evitan los escombros generados por las regatas comunes en la mampostería tradicional. Las instalaciones eléctricas e hidrosanitarias se realizan con secadores industriales que consumen el poli estireno por flujo de aire caliente.
 - Adaptabilidad: puede ser fácilmente combinado con cualquier tipo de sistema constructivo.

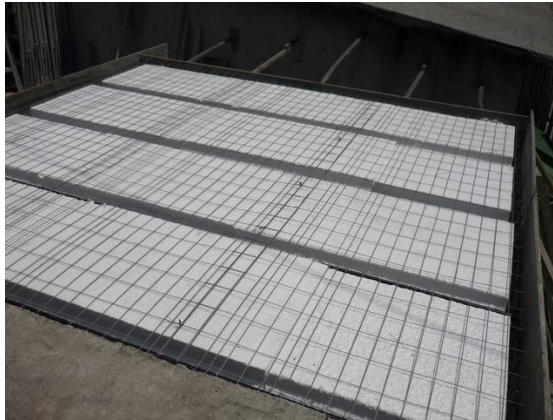


Ilustración 17 Fuente: Construya fácil

- **Placa de madera:** Son las placas que se obtienen con el encofrado de chapas de madera súper puestas, estas placas tienen un bajo costo y una buena durabilidad. Son ambientalmente aceptables para procesos constructivos sostenibles.



Ilustración 18 Fuente: laviruta.com
Placas de madera tipo TERFEN

5.5.1 Descripción técnica

Ahora bien, el área de estudio de este proyecto como patente fue establecer como núcleo una sección de tubos tipo PAR3 que usualmente son usados para enrollar tela, para mostrar el proceso para darle forma a estas placas se mostrarán las imágenes adquiridas del proyecto de grado de este material constructivo, que es el siguiente:

1. Unir los tubos de forma lineal para poder impermeabilizarlos de manera uniforme



*Fotografía 1 Fuente: (Cerón, 2013)
Unión de tubos (paso 1) e impermeabilización de estos (paso 2)*

2. Proteger y reforzar los tubos ya unidos por medio de telas para finalizar su impermeabilización y mallas metálicas para su reforzamiento.



*Fotografía 2 Fuente: (Cerón, 2013)
Cobertura con tela (paso 3) y reforzamiento con malla (paso 4)*

3. Con un mortero tipo revoque se recubre toda la estructura de tubos para darle rigidez, durabilidad y resistencia. Después de esto se procede a pintar para dar un acabado más estético.



*Ilustración 19 Fuente: (Cerón, 2013)
Cobertura con mortero (paso 5) y pintada (paso 6)*

Ahora bien, determinar este como uno de los materiales aplicables para la construcción sostenible en nuestro país también nos debemos basar en resultados ya previamente estudiados de pruebas de resistencia a flexión.

Como se puede observar, en la siguiente imagen se puede observar como un tubo es llevado para realizarle esta prueba; para este caso específico, el tubo es de 3 pulgadas de diámetro, 75 cm de longitud y logra soportar hasta 380 libras fuerza antes de fallar.



*Ilustración 20 Fuente: (Cerón, 2013)
Prueba a flexión*

Otra de las pruebas a las que fue sometido él fue a la acústica, para este ensayo lo que se buscó fue que el material fuera lo más neutro posible, es decir, que no tuviera un alto nivel ni de absorción ni de reflexión con las ondas de sonido. (Cerón, 2013)

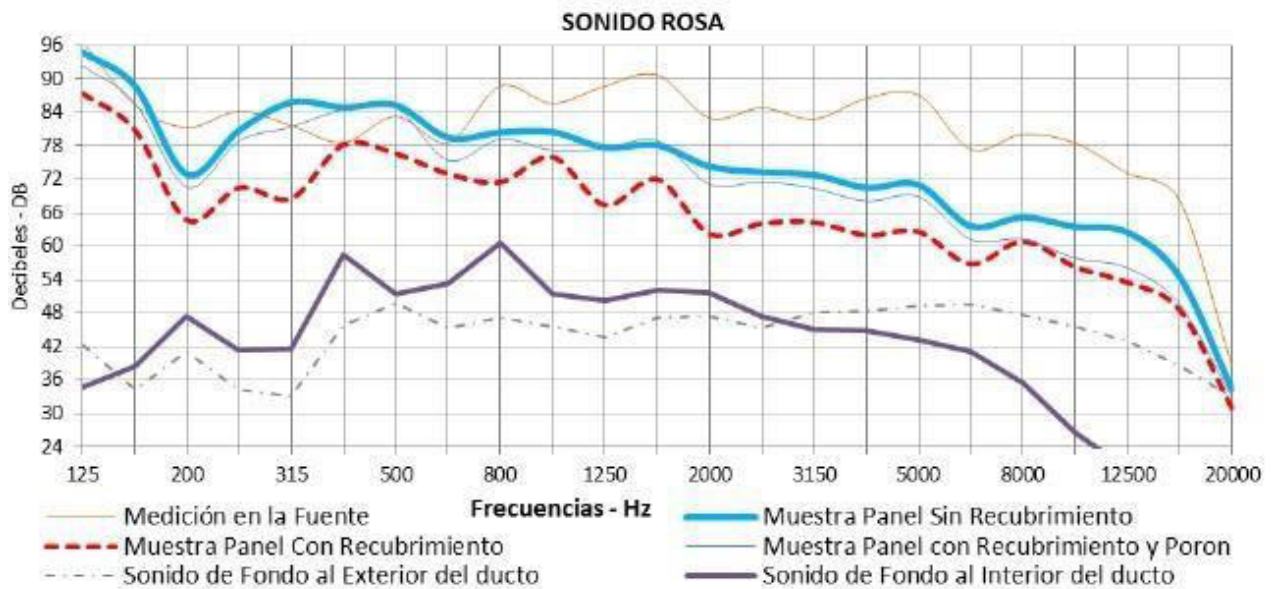
Después de haber realizado el ensayo se pudo concluir que el mejor perfil para estas pruebas es la sección de tubos con recubrimiento de mortero, sin relleno, ya que función, como ya se había mencionado, como una barrera neutra acústicamente hablando, a

continuación se mostrará la realización del ensayo y una gráfica con los resultados, obtenidos de la tesis ya mencionada. (Cerón, 2013)



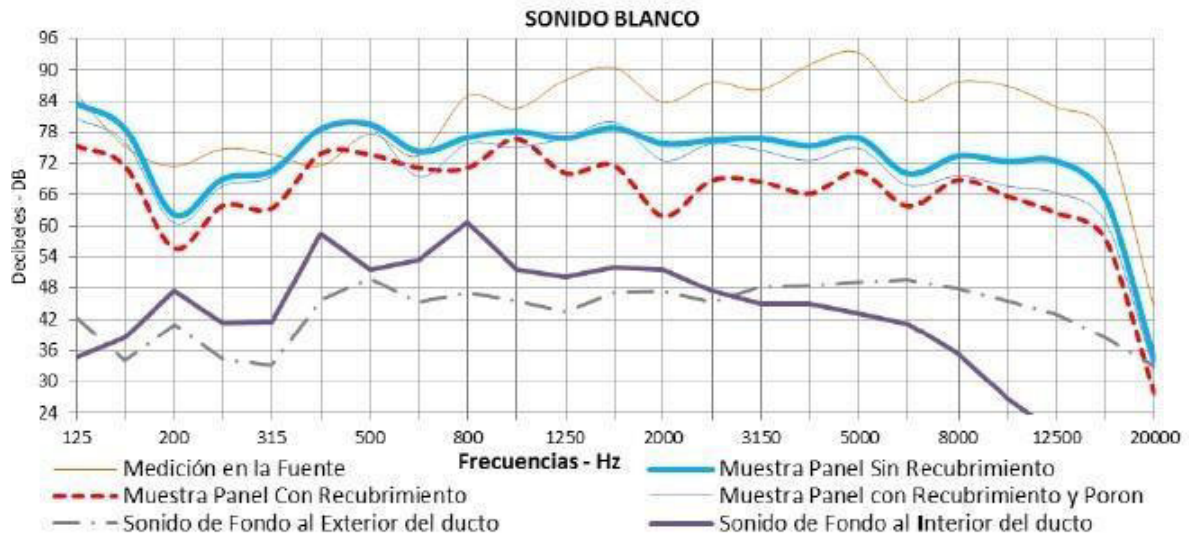
*Ilustración 21 Fuente: (Cerón, 2013)
Ensayo en el túnel acústico*

El primer ensayo fue realizado con un sonido denominado como “sonido rosa” el cual hace referencia a sonidos con frecuencias de entre 250 y 500 Hz. (Cerón, 2013)



*Tabla 13 Fuente: Tesis mencionada
Resultado ensayo acústico “sonido rosa”*

Por otro lado, para el segundo ensayo que realizaron los autores, se realizó con un sonido denominado como “sonido blanco” el cual hace referencia a sonidos con frecuencias de entre 315 y 650 Hz, los resultados fueron también tabulados, así como se muestra en la siguiente figura:



*Tabla 14 Fuente: (Cerón, 2013)
Resultado ensayo acústico “sonido blanco”*

Por último, se le realizó un ensayo térmico, el cual consistió en comparar el cambio térmico de fuera como dentro de una habitación construida con estos bloques, después de realizarlo durante casi una hora, se logró obtener el siguiente resultado. (Cerón, 2013)

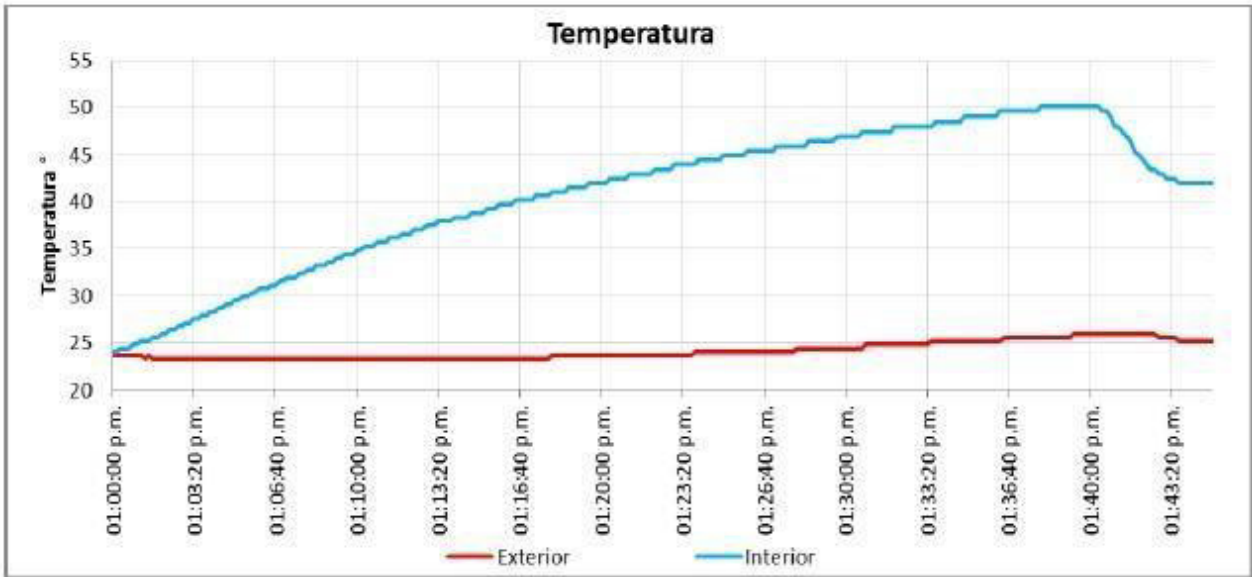


Tabla 15 Fuente: (Cerón, 2013)
Resultado ensayo térmico (Temperatura)

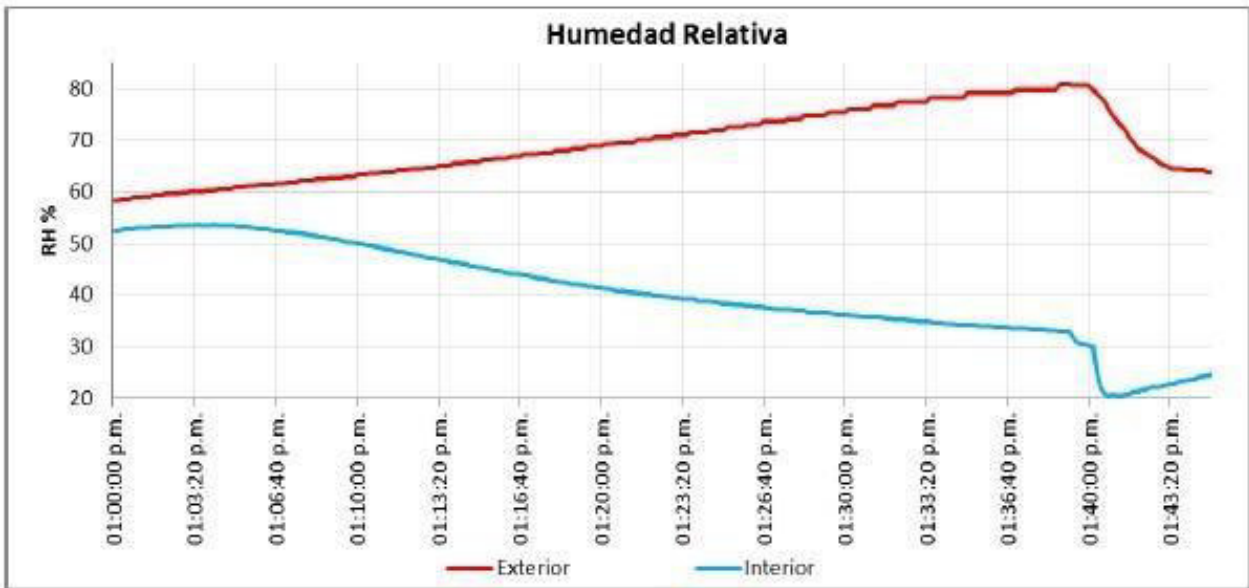


Tabla 16 Fuente: (Cerón, 2013)
Resultado ensayo térmico (Humedad)

5.5.2 Factibilidad económica

Teniendo en cuenta cada una de sus propiedades y características solo se tendría que estudiar una última parte para establecer el sostenimiento de este material y es el aspecto económico, podemos ver que al hacer un cuadro comparativo entre los métodos tradicionales de construcción en la fase de mampostería, este material lidera en economía, como lo muestra la siguiente tabla:

Muro en ladrillo 0.10X0.20X0.40	\$ 31 698
Muro seco en superboard doble cara 10mm	\$ 101 434
Muro en durapanel de 10 cm de espesor	\$ 59 657
Muro en tubos de cartón PAR3	\$ 22 112

*Tabla 17 Fuente: (Cerón, 2013)
Tabla comparativa de precios*

Los resultados son obtenidos del trabajo de grado ya mencionado, la cual fue realizada en el año 2013, y aunque ha variado un poco se mantienen las comparaciones.

Para concluir con este tipo de material, lo podemos considerar como sostenible, no solo por su origen, los beneficios que brinda, sino también por su aplicación en el crecimiento social, cultural y económico de las personas que lo aplican; y por ultimo su alto rendimiento técnico ya que le da una posibilidad de vivienda digna a personas que difícilmente pueden acceder a una, y todo esto sin descuidar la parte y diseño estético que se le puede adaptar.

5.6 Bahareque

Este sistema consiste en la construcción de una estructura hecha con madera o guadua y cubierta en tierra, la mayor parte de los esfuerzos son absorbidos por las piezas estructurales de madera que van empotrados a la cimentación. A continuación se dará

una explicación más detallada de todas las alternativas constructivas que tiene la técnica, que han sido aplicadas específicamente en nuestro país.

Esta tierra usada puede ser reforzada con excremento o con fibras vegetales para lograr una mejor resistencia ya que se le da consistencia a la mezcla y de esta manera se le da mejor adherencia a las piezas de madera y menor porcentaje de fisuras al paso de los años. Esta construcción gracias a su armazón en madera lo hace muy flexible y le da una buena propiedad para su construcción en las zonas de sismos.

Existe una unión de técnicas que se podría decir que es la más avanzada técnica hasta el momento, se llama, “**Bahareque Temblorero**”, este novedoso diseño es desarrollado en Manizales y es existente a los sismos. Consiste en la unión de dos técnicas: adobe o tapia en la primera planta, dándole resistencia a toda la estructura; y en la segunda planta se construye con bahareque, más liviano y capaz de moverse con el mismo sismo. (Casanova, 2011)

Se encuentran varias aplicaciones de técnicas artesanales en Colombia, por ejemplo: botellas, llantas, trincheras, y fardos de paja

- **LLANTAS**



*Ilustración 22 Fuente: (Casanova, 2011)
Muros hechos con llantas*

- **BOTELLAS**



*Ilustración 23 Fuente: (Casanova, 2011)
Muros hechos con botellas*

5.61 Descripción técnica

Esta técnica está contemplada bajo la norma sismo resistente **NSR-10**, y cuenta con guías constructivas: Manual de construcción Sismo-resistente de viviendas en bahareque Encementado, y Manual de Evaluación y Rehabilitación y refuerzo de viviendas en Bahareque tradicionales, construidas con anterioridad a la vigencia del decreto 052 de 2002.

Ya teniendo en cuenta estas cosas se enfatiza en los términos constructivos. La autora de la tesis para establecer las características del proceso, decidió tomarlas de la norma NSR-10, Título E- Casas de uno o dos pisos, vigente a partir del 15 de diciembre del 2010.

El Bahareque “encementado” es una unión de tierra y cemento, que tiene como estructura un armazón de guadua o madera, cubierto con un revoque en mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre.

El bahareque tiene dos partes principales: el entramado y recubrimiento.

- **Entramado:** es una estructura que puede ser de guadua o madera aserrada, tiene elementos horizontales abajo y arriba y verticalmente tiene a lo largo del muro y unidos con tornillos
- **Recubrimiento:** Se fabrica con mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre. La malla debe estar anclada al pie-derecho con clavos y alambre dulce.

Las anteriores especificaciones como se mencionó fue sacado de la norma sismoresistente Colombiana (NSR-10) Título E.

Para el proyecto desarrollado se enfocó en la construcción de viviendas de interés social construidas con esta técnica para nuestro país. Las viviendas diseñadas fueron de cincuenta metros cuadrados, actualmente el estado se refiere a este tipo de vivienda por su costo, y según el último decreto que habla acerca de esto, dice que se considera como vivienda de interés social unifamiliar al no superar un costo de setenta salarios mínimos vigentes.

A continuación se presentara una breve explicación de cada tipo de bahareque que se aplican actualmente en nuestro país:

- **MUROS EN BAHAREQUE EMBUTIDO:** El entramado o estructura de la pared de bahareque embutido está recubierto con latas de guadua de 4 cm. promedio de ancho, clavadas horizontalmente con el lado externo hacia adentro y con una separación promedio de 8 cm. para facilitar el relleno de su interior con arcilla húmeda o barro, en algunos casos previamente mezclada con paja. A medida que se va relleno la pared en su interior se va presionando la arcilla con los dedos hasta que esta quede a ras de la parte externa de las latas de guadua. Una vez relleno el muro se deja secar durante un mes o más, luego se aplican dos capas de pañete de tierra y boñiga. (Centro de industria y Construcción SENA)

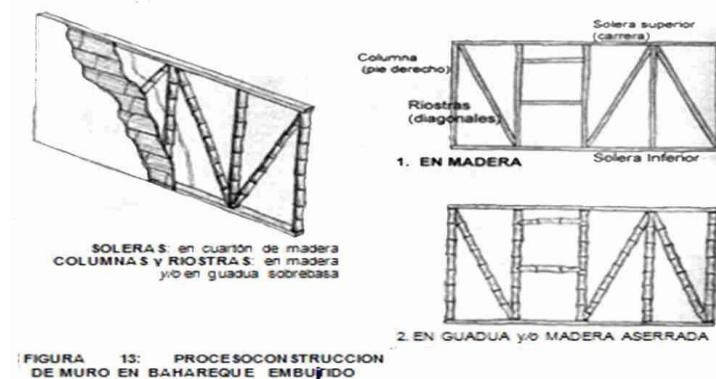


Ilustración 24 Fuente: Biblioteca del SENA Muros de Bahareque embutido

- **MUROS EN BAHAREQUE DE TABLA:** Este tipo de bahareque se refiere a aquel en que la estructura o entramado es forrada con tablas, esto como consecuencia del uso de las maderas como material de construcción disponible de primera mano. Generalmente la estructura o entramado se construye con cuartones de madera (2" x 4") con los paraleles situados a distancias promedio de 30 cm. Adicionalmente, se instalan paraleles horizontales a una altura modular promedio de 90 cm. que se constituyen en el soporte para el anclaje vertical de las tablas. El recubrimiento del entramado se hace con

tablas de forro (1/2" x 10"), localizadas verticalmente y ancladas a los parajes y/o parajes horizontales con puntilla de 2 V2". Como tapa de las dilataciones entre tablas se utilizan los guardaluces, en madera de 1/2" x 2" los cuales son clavados sobre las tablas. El acabado final se puede dar con aceite de linaza y color mineral, o pintura esmalte de aceite. (Centro de industria y Construcción SENA)

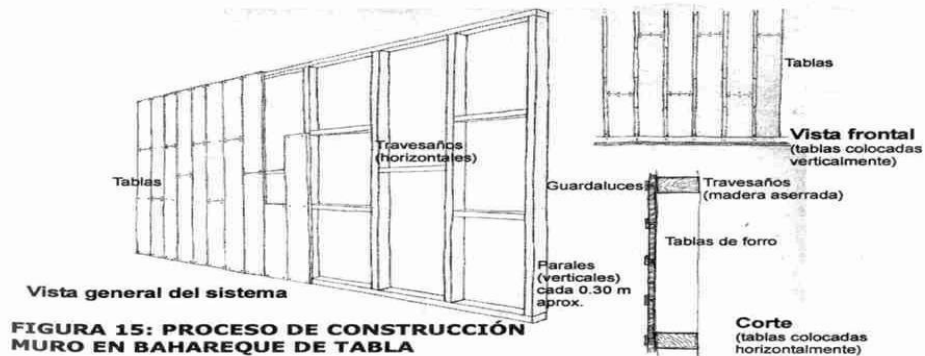


Ilustración 25 Fuente: Biblioteca del SENA Muros de Bahareque en tabla

- **MUROS EN BAHAREQUE METALICO:** Para este tipo de bahareque, el entramado generalmente se construye con cuarterones de madera (2" x 4") con los parajes separados cada 30 cm. promedio y con un entramado de para les horizontales modulados a una altura promedio de 30 cm.; formando un "esqueleto" de soporte que permita una fijación optima de las láminas metálicas de recubrimiento. Las láminas metálicas (de hierro dulce, galvanizadas o de zinc) que pueden ser lisas u ornamentales se fijan al entramado por medio de clavos. Finalmente se aplica pintura de esmalte de aceite para el recubrimiento y protección ambiental. Generalmente este recubrimiento se utiliza en fachadas, por esto, en la mayoría de casos, el muro tiene un lado recubierto con lámina metálica y el otro con algún tipo de bahareque diferente. (Centro de industria y Construcción SENA)

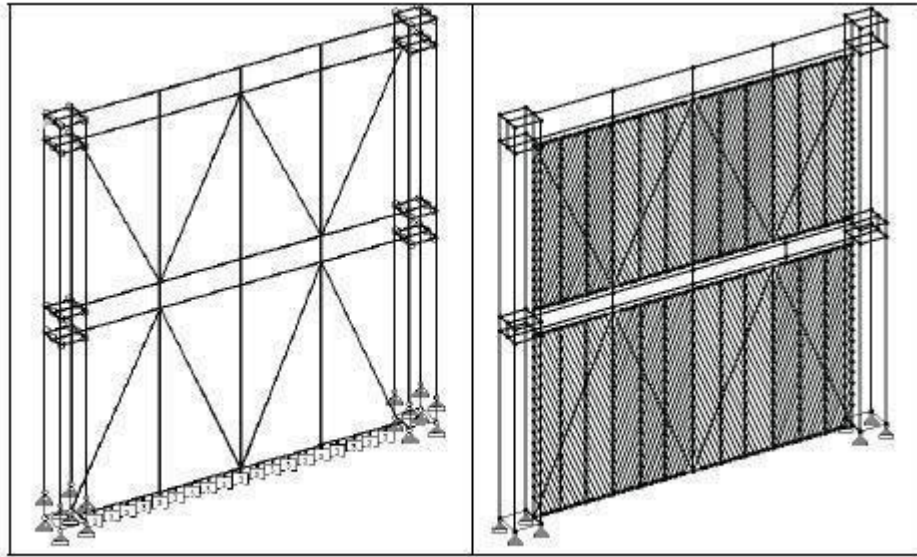


Figura 21. Fuerza axiales

*Ilustración 26 Fuente: Revista UNAL
Bahareque metálico*

- **MUROS EN BAHAREQUE ENCEMENTADO:** El bahareque encementado se compone de una estructura en guadua o madera aserrada, forrada en esterilla o malla metálica que luego es recubierta por un revoque de cemento. El proceso constructivo para este tipo de bahareque comprende las siguientes etapas: El primer paso comprende la instalación y tendido de tuberías de redes que van dentro de los muros, así mismo las cajas para salidas eléctricas. El segundo paso es la instalación del soporte para el revoque; si el soporte es esterilla de guadua, esta se instala de manera horizontal, permitiendo un espaciamiento entre las cintas (para que penetre el mortero), comenzando por la esquina de una cara del muro (la interior en muros de cerramiento) con el revés de la guadua hacia afuera, ya que ésta es la superficie mas texturizada y presenta mayor adherencia. La esterilla se fija a cada paral o piederecho con puntilla de 1 V2" a medio tope, luego, al tener la cara del muro terminada, se unen las puntillas entre si de manera vertical con alambre galvanizado No. 18, anudando y concluyendo el clavado. Por ultimo se procede a recortar con serrucho los sobrantes de esterilla en esquinas y vanos. Para la aplicación del mortero, la esterilla se humedece para que tenga buena adherencia y se le aplica una lechada (mortero líquido 1: 1). Para el caso en que el soporte del revoque es malla de vena o de gallinero, esta puede clavarse directamente sobre la estructura de apoyo con firmeza y deben tenerse las mismas consideraciones anteriores al momento de aplicar el revoque. Para la aplicación de la primera capa de revoque y que esta se adhiera firmemente, se hace presión con el palustre y se desplaza este hacia arriba. La capa se deja rustica con el fin de que presente buena adherencia para la siguiente. La segunda capa se aplica 3 días después para dar un acabado fino,

es importante revocar primero las caras interiores con el fin de dejar ventilar interiormente el muro para dejar secar el revoque durante 3 días; alternadamente, en este tiempo las caras exteriores del muro pueden ir siendo esmeriladas o enmalladas.

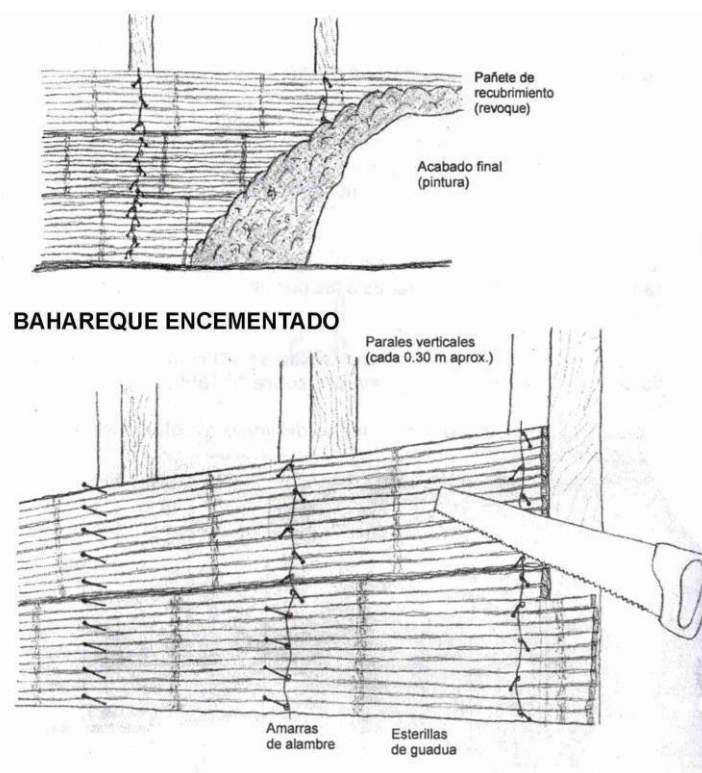


Ilustración 27 Fuente: Biblioteca SENA
Muros de Bahareque cementado

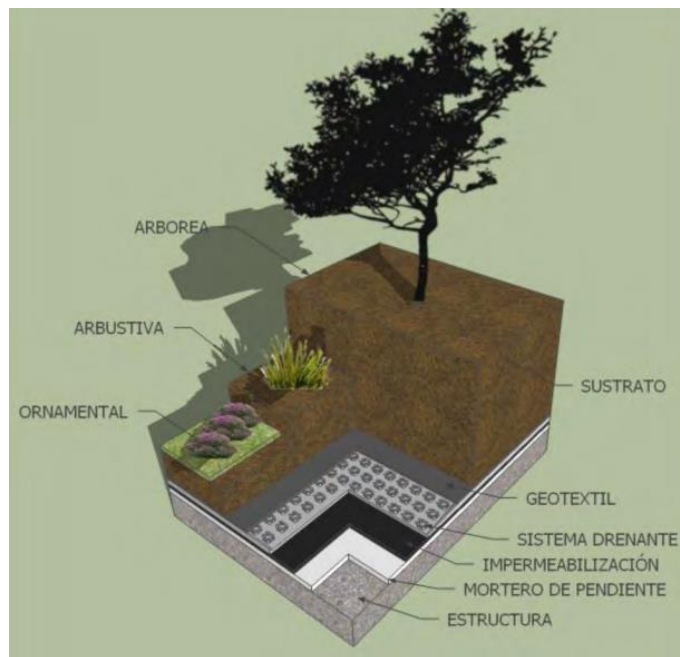
Para finalizar, después de una recopilación de información, podemos decir que es un sistema que no solo es tradicional sino también es adaptable a nuevas necesidades; tal como lo presentó la arquitecta Silvia en su tesis de grado, con las personas adecuadamente capacitadas se puede realizar de este, un sistema completamente sostenible y muy económico.

5.7 Techos Verdes

Los techos verdes son sistemas urbanos de drenaje sostenible, conformados por múltiples capas, los principales objetivos de dichos techos es la captación de agua lluvia con el fin de reducir los volúmenes de escorrentía, la generación de nuevos hábitats y su valor estético

5.7.1 Descripción técnica

- **De Infiltración:** Captan el agua de escorrentía y la infiltran en el terreno como los pozos de absorción.
- **De detención:** Capturan un volumen de escorrentía y así disminuir los volúmenes entre eventos de escorrentía.
- **De retención:** Captan un volumen de escorrentía y lo retienen hasta que es desplazado parcial o totalmente por un nuevo evento de escorrentía.
- **Humedales construidos:** Son estanques de aguas poco profundas y vegetación propia de humedales, sirven para generar hábitat y purificar el agua.
- **De filtración:** Usan una combinación de materiales para así filtrar el agua captada y así liberarla de contaminantes.



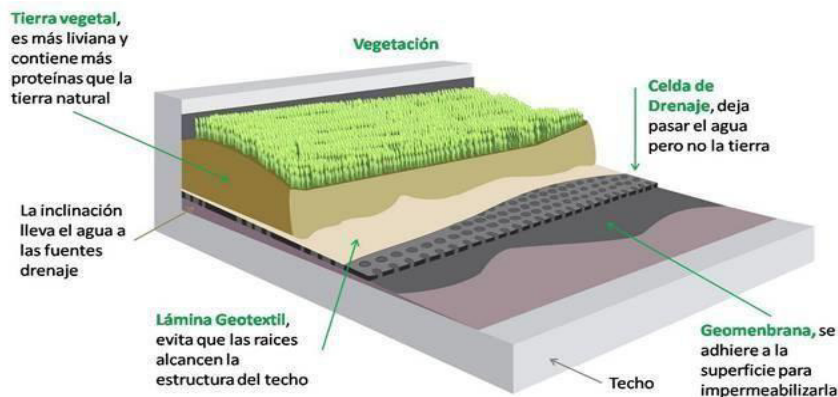
*Ilustración 28 Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente – Bogotá
Sistema de recolección de aguas*

La utilización de estos techos tiene múltiples objetivos: prolongar la vida útil de las cubiertas, mejorar la calidad del aire en las ciudades, generar nuevamente hábitat natural y reconstruir el paisaje natural, tener altos niveles de humedad en la ciudad, generar aislamiento térmico, absorber el ruido, mitigar el efecto isla de calor que se

genera en las ciudades, ahorro de tipo económico con respecto al mantenimiento de la estructura, generar empleo, mejorar la estética de las edificaciones e incrementar su valor comercial.

Estos techos pueden ser de diferentes maneras y usos como por ejemplo: techos verdes biodiversos, transitables, huertas y autorregulados

El diseño constructivo de esta técnica es el siguiente:



*Ilustración 29 Fuente: Icasasecologicas.com
Diseño techos verdes*

Capa impermeabilizante: El revestimiento se conforma por una superficie hermética, existen dos tipos: la primera es en base de caucho asfáltico similar a la brea, y la segunda consiste en una lámina termoplástica que se instala sobre una barrera de vapor. La tabla siguiente sintetiza los materiales más usados para la capa impermeabilizante. (Luckett, 2009)

<i>Materiales para la capa impermeabilizante</i>						
	<i>Membrana EPDM</i>	<i>Membrana de TPO</i>	<i>Membrana de PVC</i>	<i>BUILT-UP ROOFING (BUR) (Techo acumulado)</i>	<i>Membrana de asfalto Modificado</i>	<i>Membrana de aplicación líquida</i>
Frecuencia de utilización	Es la que se emplea con mayor frecuencia	Popularidad en aumento	-	Estrategia de uso común	Estrategia de uso común	Popularidad en aumento
Costo	Bajo costo	Puede incrementar el costo del proyecto	Puede incrementar el costo del proyecto	Bajo costo	Bajo costo	-
Uniones	Grandes longitudes, disminuye al mínimo las uniones	Uniones soldadas al calor	Uniones soldadas al calor	Monolítica	Monolítica	Monolítica
Resistencia al ataque de raíces	Excelente durabilidad y resistente al crecimiento de raíces.	Excelente durabilidad y resistente al crecimiento de raíces.	Excelente durabilidad y resistente al crecimiento de raíces.	Baja resistencia al ataque de raíces, requiere el uso de barreras anti raíces	Baja resistencia al ataque de raíces, requiere el uso de barreras anti raíces	Baja resistencia al ataque de raíces, requiere el uso de barreras anti raíces
Resistencia a ataques químicos	Poca resistencia a químicos y aceites, lo cual la hace inapropiada para uso en restaurantes	Excelente resistencia a químicos y aceites	Excelente resistencia a químicos y aceites	Poca resistencia a químicos y aceites, lo cual la hace inapropiada para uso en restaurantes	Poca resistencia a químicos y aceites, lo cual la hace inapropiada para uso en restaurantes	Poca resistencia a químicos y aceites, lo cual la hace inapropiada para uso en restaurantes
Espesores	Espesores comunes: 45 mm (0.002 psi), 60 mm (0.003 psi), y 90 mm (0.004 psi)	Espesores comunes: 45 mm (0.002 psi), 60 mm (0.002 psi), y 80 mm (0.003 psi)	Espesores comunes: 45 mm (0.002 psi), 60 mm (0.002 psi), y 80 mm (0.003 psi)	Espesores comunes: 0.013 a 0.021 psi (incrementar a 0.028 psi si hay superficie de gravilla)	Espesores comunes: 0.007 a 0.012 psi	Espesores comunes: 0.005 a 0.010 psi
Tipo de superficie	-	Superficie Blanca y reflectante	Superficie Blanca y reflectante	A menudo con superficie de gravilla	-	-
Metodología de instalación	-	Uso de equipo de soldadura térmica lo que disminuye el número contratistas calificados.	Uso de equipo de soldadura térmica lo que disminuye el número contratistas calificados.	-	Instalación por soplete (APP) o adherido (SBS)	Instalación como caucho caliente, o como membrana líquida sintética.

*Tabla 18 Fuente: (Luckett, 2009)
Tabla de capas impermeabilizantes*

Barrera anti raíces: Para mantener a salvo de las raíces la capa aislante, se debe instalar una capa protectora.

<i>barrera anti raíces</i>		
	<i>Telas Filtrantes</i>	<i>Plástico térmico</i>
Costo	Menor costo	Mayor costo
Tipo de material	Son materiales tejidos que sirven como filtro	Materiales soldados con el calor, forman una capa monolítica
Forma de proteger contra raíces	Poseen un químico que repele el crecimiento de raíces	Forma una barrera física ya que evita la penetración de raíces
Tipos de plantas con las que se emplean	Repele el crecimiento de plantas pequeñas como sedums y plantas suculentas	Evita la penetración de plantas grandes como arbustos, árboles pequeños y prados nativos
Adición de peso	No adiciona peso significativo al techo verde	-
Instalación	Se instala sobre la capa de drenaje	Debe instalarse bajo la capa de drenaje, y sobre la de impermeabilización

*Tabla 19 Fuente: (Luckett, 2009)
Tabla de barrera anti raíces*

Capa de Drenaje: Es una capa que debe tener una buena conexión con las canales, para que de este modo se drene el agua sobrante.

<i>Capa de drenaje</i>			
	<i>Agregado</i>	<i>Geo-textiles</i>	<i>Combinación de drenaje con barrera de raíz</i>
Instalación	Consisten en distribuir agregados a lo largo de la cubierta	Se instala desenrollando el material sobre la superficie	Se instala desenrollando el material sobre la superficie
Frecuencia de uso	Menos implementado	Se emplea ocasionalmente	Más sencillo y más empleado
Costos	Costo de transporte, suministro e instalación elevados	Menor costo que el agregado	-
Peso	Su peso es superior a 4lb/pie ² por cada pulgada de profundidad	Bajo peso, el peso exacto debe estar disponible en las especificaciones del fabricante	Bajo peso, el peso exacto debe estar disponible en las especificaciones del fabricante. Si no, es fácilmente calculable
Tipos de configuración	-	Hay varias configuraciones disponibles, la más común es la matriz de tazas alineadas en la lámina de plástico. Otras configuraciones son la de rejillas tejidos que permiten el paso del agua pero no la almacenan	Tiene una configuración de matriz de tazas alineadas en lámina de plástico. Esta combinación incluye también un filtro de fieltro que protege la capa sobre la que se instala este sistema
Flujo de agua	-	Permite el movimiento del agua lateralmente a lo largo de la superficie	Permite el movimiento del agua lateralmente a lo largo de la superficie

*Tabla 20 Fuente: (Luckett, 2009)
Tabla de capas de drenajes*

Sustrato: Los suelos para estos techos verdes tienen que ser mucho más livianos que los convencionales, normalmente son un 75% mineral y un 25% de materia orgánica

<i>Espesores de sustrato recomendados</i>		
<i>Fuente</i>	<i>Espesores (cm)</i>	
	<i>Extensivos</i>	<i>Intensivos</i>
North Carolina Division of Water Quality (2007)	7.6 cm a 15.2 cm	-
Woods-Ballard, Kellagher, et al. (2007b)	10.0 cm a 12.5 cm	12.5 cm a 25.0 cm
Hawaii Commission on Water Resource Management (2008)	10.2 cm a 15.24 cm	15.2 cm o más
Minnesota Stormwater Steering Committee (2008)	10.2 cm o menos	15.2 cm o más
Dunnett and Clayden (2007)	5.0 cm a 10.0 cm	20.0 cm a 50.0 cm
Groundwork Sheffield and Environment Agency, (2011)	8.0 cm a 20.0 cm	20.0 cm o más

Tabla 21 Fuente: (Luckett, 2009) Tabla de espesores de sustrato

Especie de vegetación recomendada: La Secretaria Distrital de ambiente de Bogotá recomienda una serie de especies aptas para los techos verdes.

<i>Vegetación recomendada disponible comercialmente en Bogotá</i>				
<i>Nombre común</i>	<i>Nombre científico</i>	<i>Irrigación</i>	<i>luz solar</i>	<i>Plagas o enfermedades</i>
Calanchoe, coralito	Kalanchoe blossfeldiana	Moderada	Abundante	Resistentes a plagas, sensible a pudriciones por exceso de riego
Helecho arbóreo	Cyathea bicrenata	Abundante	Abundante	Babosas y caracoles

Tabla 22 Fuente: (Luckett, 2009) Tabla de vegetación recomendada

□ **Diseño hidráulico**

La capacidad de almacenamiento de agua del techo verde es del 20% al 65% de su volumen, esta propiedad la da el tipo de sustrato que tenga el techo verde y características como porosidad, humedad y la conductividad hidráulica. (Ballard, 2007)

Los techos verdes pueden recibir tormentas con un periodo de retorno hasta de dos años con una duración de 24 horas sin inundar el techo. Durante eventos de lluvia extremos los techos se comportan como una cubierta normal, por lo que el sistema de drenaje debe ser diseñado igual que todos los techos. (Ballard, 2007)

Este tipo de instalaciones abarca todo lo referente a lo que se debe tener en cuenta en el proceso constructivo para el manejo de aguas en la vivienda, ya sea para su suministro

como para su evacuación. Para este caso nos enfocaremos más en temas de suministros ya que es en esta área en la que más impactos negativos se ven.

Ahora bien, hablando de los diseños e instalaciones que se deben llevar a cabo para generar impactos más positivos ambientalmente hablando debemos tener en cuenta desde el tipo de materiales a usar (tuberías, válvulas, grifos y demás accesorios) hasta el diseño de la instalación en sí, es decir, darle un buen recorrido y fin a las aguas que se van a transportar. (Gonzalez, 2012)

□ **Diseño estructural**

Para el diseño del techo verde consiste en verificar si la estructura donde será instalado es capaz de soportar el peso adicional, este análisis debe ser hecho por una persona capacitada

El caso de que el edificio ya sea existente y se quiera instalar un techo verde, el ingeniero debe realizar un análisis estructural, y con base al resultado se diseña el techo verde. Si la edificación donde se instalara el techo verde es nueva, el diseño estructural debe tener en cuenta y poner a consideración el peso extra de este. (Lockett, 2009)

5.7. SCALL (Sistema de recolección de aguas lluvias)

Para este sistema debemos empezar diciendo que no es un sistema constructivo, ni es un sistema que reemplaza un 100% alguno de los sistemas tradicionales, por el contrario

es un sistema que se adapta y complementa el uso de la obra ya terminada, por lo general y como se explicará según los estudios realizados por Moises Salazar, enfocándose en la captación de aguas lluvias en la ciudad de Bogotá, su proceso y sus resultados.

El “SCALL” hace referencia al sistema de captación y aprovechamiento de aguas lluvias, según sus siglas. Este sistema en términos generales hace referencia a el método constructivo que tiene como fin generarle un uso más idealizado al agua lluvia, cuyo fin general es el de evacuarla directamente; como todo sistema este necesita de un cumplimiento de criterios para su mantenimiento, operación, su forma de construcción e instalación. (Salazar, 2016)



*Ilustración 30 Fuente: La vida lucida blog
Captación de aguas lluvias*

Como primer factor a estudiar tenemos el clima, para el caso del aplicativo del sistema para nuestro país, fue estudiado en un clima ideal, el clima de Bogotá, ya que según estudios a pesar que en los últimos años la capital de nuestro país ha tenido un incremento de temperatura local, se ha demostrado que la última década ha sido la más lluviosa hasta ahora. Con base en esto, no puede desconocerse un fuerte contraste en los últimos 40 años de cambios drásticos de temperatura y a la vez una década tan lluviosa, esto solo quiere decir que es un llamado para ponernos al frente del cambio climático. (Salazar, 2016)

Un SCALL se basa simplemente en cuatro partes básicas: captación, recolección, interceptor y almacenamiento, sin embargo la ASPE considera los componentes de filtración y distribución.

COMPONENTES DEL SISTEMA DE AGUA LLUVIA	ASPECTOS BASICOS
A. El Techo	RECOLECCION
B. Desagues del techo	
C. Canales	
E. Tanques	ALMACENAMIENTO
F. Estanques	
G. Filtración	DESINFECCIÓN
H. Tuberías	ENTREGA
I. Bombeo	
J. Señalización	

Tabla 23 Fuente: AMERICAN SOCIETY OF PLUMBING ENGINEERS Componentes y aspectos básicos de un SCALL

Según el autor de la tesis de la que nos basamos existen contraindicaciones que arroja este sistema, ya que el descuidar el aseo de los tanques de almacenamiento, estos residuos que adquiere el agua puede ser tanto por tuberías, el tanque o simplemente la atmosfera, por ello esto es aplicable por lo general para usos que no incluyan el consumo humano.

Los riesgos de contaminación de aguas lluvias de techos, parece limitado a los diseños no adecuados ni adecuados procesos de tratamiento. La instalación de colectores de primeras lluvias puede reducir la contaminación.

Ahora bien, en términos de diseño se deben tener en cuenta temas básicos, como lo son el área de captación, es decir, que las dimensiones de esta sean lo suficientemente grandes para generar una recolección de agua optima sin que sobre pases las capacidades de las tuberías ni del tanque. El consumo básico promedio de agua por parte de las personas en ese sector y en esa ciudad, teniendo en cuenta los oficios y actividades diarias, los horarios y demás factores que pudieran afectar. La precipitación pluvial neta, la cual hace referencia a la cantidad más aproximada del volumen del agua que harpa parte el sistema, apartando perdidas por cualquier clase de efecto ajeno pero natural de la lluvia y por último, todos los temas de dimensionamiento tanto del tanque como de tuberías y demás accesorios que hacen parte del sistema. (Salazar, 2016)

5.8.1 Descripción técnica

Ahora bien, el proceso del sistema lleva ciertas pautas que se desarrollan y se llevan a cabo con pautas importantes que a continuación se explicarán, estas pautas y su explicación nos las resume el autor, Moises Salazar en su proyecto de grado:

- **Sistemas de tratamiento conectados a los tanques de almacenamiento**

Por medio de filtros y pantallas se previene la entrada de suciedad a los tanques de almacenamiento, y así mejorar la calidad del agua almacenada. La suciedad química y orgánica que se encuentra sobre los techos es fuente de vida para bacterias y aseguran su supervivencia. Para evitar la entrada de hojas y sólidos a los tanques de almacenamiento podemos instalar pantallas especializadas en estos contaminantes y además un filtro fino para retener arenas y limos, se instala entre el tejado y los tanques de almacenamiento, se recomienda que estos filtros sean fáciles de lavar y económicos.

- **Desvío de primer flujo**

Al ser el primer flujo de agua el que recibe todos los contaminantes del techo, debido a que es el que lava y transporta todos los residuos sobre él. Se tiene la necesidad de desviar el primer flujo de agua de un evento lluvioso, la calidad del agua lluvia puede mejorarse, hay colectores de primeras lluvias que son fáciles de instalar, estos también tienen que llevar instalados pantallas o filtros finos para evitar la entrada de químicos y residuos como el fosfato y nitrógeno.

- **Filtración**

La filtración pasa a ser una de las más complejas actividades en la instalación del SCALL ya que es una parte muy importante de este sistema, la filtración puede ser con carbón granular activado, este modo de filtración tiene una gran superficie de área, y esto permite que remueva microorganismos.

Por otro lado también se puede hacer un buen proceso de filtrado con arenas, este proceso es más lento y más económico ya que está dirigido a los países que están en desarrollo. Consiste en capas de arenas de diferentes tamaños con la capa más gruesa al fondo y la más fina encima.

- **Diseño y adecuación**

Se efectuó no solo la medición del área de la cubierta que drena los canales y bajantes, sino que también se valoró el tipo de material y las adecuaciones que se tenían que realizar. Se realizan labores de limpieza de este para una mejor adecuación y retirar

algas y líquenes y posteriormente tratamiento con pintura elastomérica de alto desempeño para mejorar el coeficiente de escorrentía.

Se le debe realizar un mantenimiento tanto a los canales como a la cubierta, una limpieza y una desintoxicación, para esto no se le debe aplicar como inicio del proceso sino teniendo en cuenta que hace parte del continuo mantenimiento.



*Ilustración 31 Fuente: (Salazar, 2016)
Mantenimiento, limpieza y tratado de cubiertas y canales*

- **Interceptor de primeras lluvias**

Adaptación de recolectores primeras lluvias tales como los bajantes y sus respectivas condiciones.



Ilustración 32 Fuente: (Salazar, 2016)

Tubos recolectores de primeras aguas lluvias

- **Volumen tanque almacenamiento**

Se ha tenido en cuenta este parámetro desde dos vistas diferentes, la primera es una manera técnica y teórica que consiste en hallar mediante cálculos el volumen máximo teórico requerido y la otra es muy práctica, consiste en alcanzar el máximo volumen de acuerdo al espacio de la casa.



*Ilustración 33 Fuente: (Salazar, 2016)
Batería de tanques enterrados en el patio de la casa*

- **Bombeo y alimentación de sanitarios**

Para alimentar los sanitarios desde los tanques de almacenamiento enterrados, se instaló un tanque elevado de 500L. Sobre el techo de la vivienda, el cual se instaló una bomba eléctrica que surtirá el tanque de almacenamiento elevado y este surtirá los sanitarios.

- **Niveles potenciales de ahorro agua potable**

De acuerdo con datos promedios obtenidos de consumo típico de agua potable para sanitarios y lava ropa, se obtuvo estos datos.

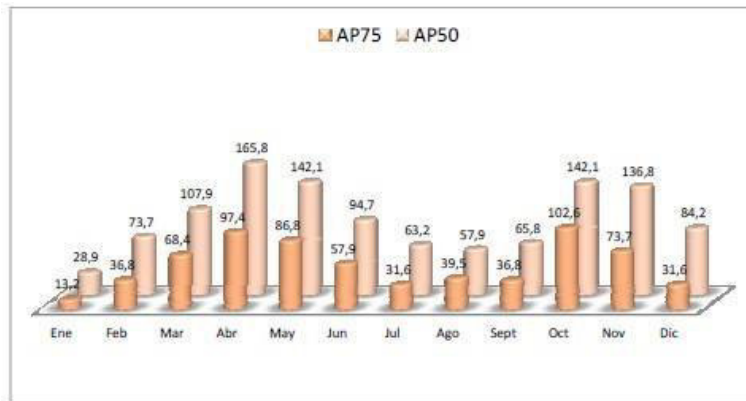


Tabla 24 Fuente: (Salazar, 2016)
Grafica de consumo de agua

Por último, tenemos el presupuesto final invertido por este proceso constructivo, con precios reales de materiales y mano de obra colombiana. Este tipo de precios, se puede tener como un aproximado para la mayoría de las regiones del país.

RUBROS	COMPONENTES DEL SISTEMA			
	CAPTACION	INTERCEPTACION Y CONDUCCION	ALMACENAMIENTO	DISTRIBUCIÓN
MANO DE OBRA				
Instalación hidráulica alterna baños				300.000
Excavación cisternas			400.000	
Instalación tanques elevados			100.000	
Adecuación cubierta y canales	300.000			
Interceptor primer flujo		100.000		
MATERIALES				
Pintura y accesorios mto cubierta	313.700			
Tanques plástico HDPE enterrados (2) (cisterna) 1000L			250.000	
Tubería aguas lluvias, accesorios y soldadura PVC		211.200		
Tanque plástico elevado HDPE 500L			85.000	
Tanque plástico elevado 500L			150.000	
Bomba periférica 1/2 HP				200.000
Filtro de anillos 3/4"				70.000
Tubería Y ACCESORIOS PVC agua potable 1/2"				112.000
Válvulas (2) de cortina 1/2"				50.000
Válvula de pie 1/2"				12.000
SERVICIOS				
Recolección de escombros			45.000	
TOTAL COMPONENTES	613.700	311.200	1.030.000	744.000
TOTAL SISTEMA				2.698.900

Tabla 25 Fuente: (Salazar, 2016)

Tabla de costos para el sistema

5.9 Energía Solar (Solano, 2011)

Para iniciar debemos saber que la energía solar es una de las nombradas “energías renovables”, para este caso hace referencia a la energía obtenida al captar los rayos y el calor que emanan el sol, como su nombre lo indica.

La tierra absorbe una cantidad óptima de energía solar, la cual es absorbida por los océanos, las nubes y demás para mantener a la superficie terrestre con una temperatura aproximada de 14°C para que sea posible el desarrollo de la fotosíntesis.

5.9.1 Descripción técnica

La cantidad de energía que se puede captar varía gracias a muchos factores, entre los cuales se encuentra la latitud del lugar, el clima del día, la hora a la cual se vaya a captar, entre otras.

Ahora bien, dentro de esta categoría que es la energía solar, podemos encontrar diferentes tipos y formas de captación.



*Ilustración 34 Fuente: Ecologíaahoy.net
Energía renovable (energía solar)*

El poder habitar en una casa cuya fuente energética es el sol no solo reduce costos económicos sino disminuye el impacto negativo que genera la huella de carbono. Claro que este tipo de viviendas presentan una desventaja muy grande, y es la dependencia que genera con el sol, ya que muchas veces la insuficiencia de este limita su capacidad.

Por otro lado, al ser un sistema tan poco convencional requiere tanto de cuidados como mantenimientos especiales. (Agustín, 2016)

Un sistema solar no es necesariamente de alto mantenimiento, requiere tiempo y esfuerzo para mantenerlo en perfectas condiciones. Los paneles deben mantenerse limpios para maximizar la captación de energía. Excrementos de aves y de la savia del árbol puede ser un problema en los meses más cálidos. (Agustín, 2016)

Por otro lado, los colectores solares térmicos usan paneles o espejos para absorber y concentrar el calor solar, transferirlo a un fluido y conducirlo por tuberías para su aprovechamiento en edificios e instalaciones o también para la producción de electricidad (solar termoeléctrica).

Otro aspecto beneficioso de la energía que nace del sol es su condición de generadora de riqueza local, puesto que su implantación en un país disminuye la dependencia energética de otros países. Si bien es cierto que la energía solar –como la eólica- es intermitente, esto es, directamente dependiente de la meteorología o de los ciclos día-noche, el rápido avance experimentado por las tecnologías de almacenamiento eléctrico va a minimizar cada vez más esta circunstancia e incrementar la participación de este tipo de energías en el sistema energético. (ACCIONA)



*Ilustración 35 Fuente: sunflower-solar.com
Mantenimiento de paneles solares*

5.9.2 Factibilidad económica

Ahora bien, hablando del costo aproximado para poder tener un sistema que alimente las actividades cotidianas de un hogar durante el día y la noche, basándonos en los costos que nos ofrece una empresa en Colombia encargada de esto como lo es CIMYR de Colombia.

Un sistema que genera aproximadamente 3000 Vat/día tendría un costo aproximado de 7'900.000, al estar ubicado en Ibagué, para un lugar como Bucaramanga, estaría incluido el envío pero no la instalación; de igual manera tendría la misma garantía y un catálogo guía tipo instructivo.

5.10. Eco-Madera

La madera como todos sabemos es un material de origen natural, que para su extracción y adaptación termina generando un sin número de impactos negativos tanto al ecosistema de donde fue obtenido como al ambiente en general.

5.10.1 Descripción técnica

Desde hace algún tiempo se ha estado desarrollando un tipo de madera artificial, la cual se denomina como madera plástica, esta madera es amigable con el ambiente y se hace con residuos de materiales como el PVC; esta madera después de varios filtros de ensayos y estudios ha generado grandes expectativas con respecto a lo que podría terminar siendo un material que reemplaza y mejora métodos y materiales constructivos. (Alvarez, 2008)



*Ilustración 36 Fuente: arquigrafico.com
Madera sintética*

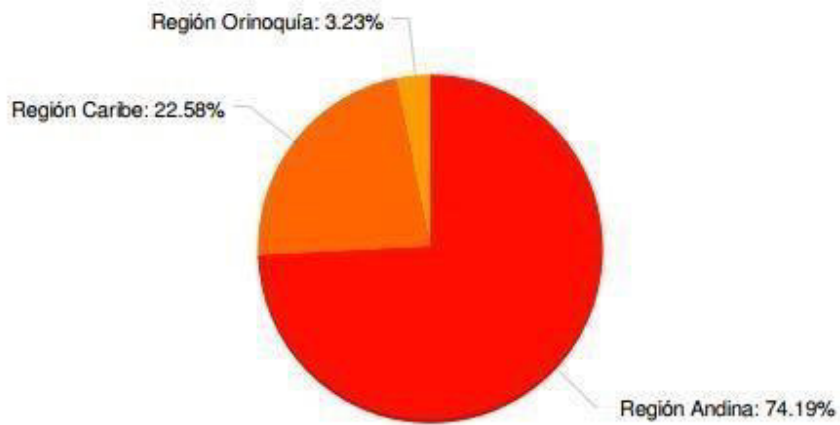
Ahora bien, para determinar su factibilidad integral se deben tocar temas como el costo, para este caso, al provenir de un 90% material reciclado, la madera sintética es un material cuyos costos disminuyen de gran manera, hablando en términos generales; pero si se llega a comparar directamente madera puede llegar a ser hasta 5 veces más costoso en las mismas proporciones. (Arquigrafico, 2016)

Por otro lado, ambientalmente genera en términos generales impactos sumamente positivos, ya que elimina por completo la necesidad de implementar la tala como método de obtención; hablando de la durabilidad también supera a la madera tradicional, ya que como en todo, la durabilidad de un sintético aumenta de gran manera, y por último la apariencia que se le puede dar, al ser un material industrializado y prefabricado tiene la gran ventaja de tener la apariencia (color, tamaño, diseño, etc.) que se le desee dar arquitectónicamente. (Alvarez, 2008)

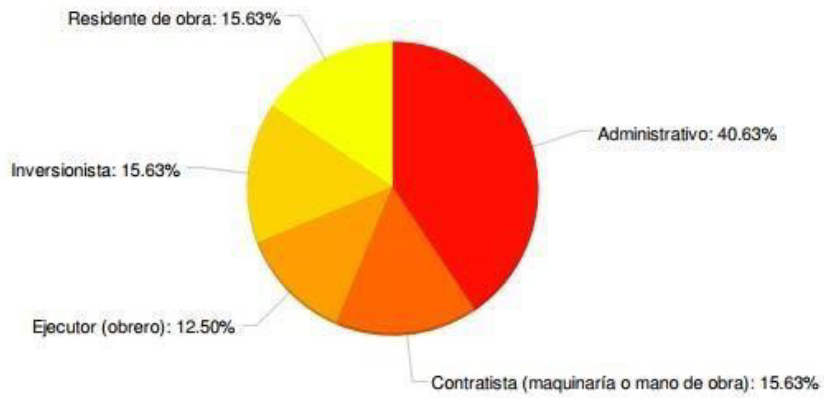
Resultados encuesta

Se realizó una encuesta referente al tema, para tener conocimiento del manejo del tema de un grupo de personas seleccionados de diferentes lugares y sitios de trabajo, estos fueron los resultados.

1. ¿En qué región del país desempeña su labor en la construcción?



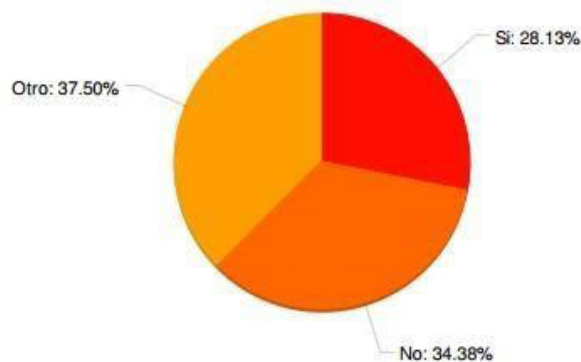
2. ¿Qué rol de la construcción desempeña?



3. ¿Es usted consciente de las consecuencias ambientales y sociales que traen la mayoría de prácticas constructivas?



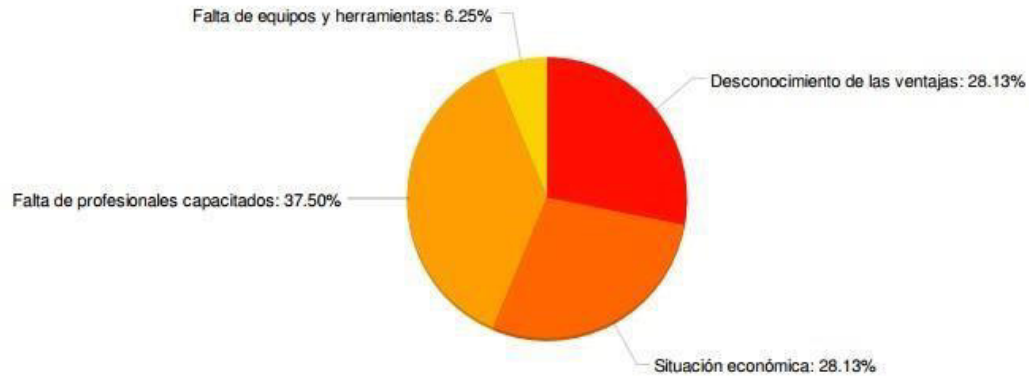
4. Sabe usted ¿Qué es la construcción sostenible?



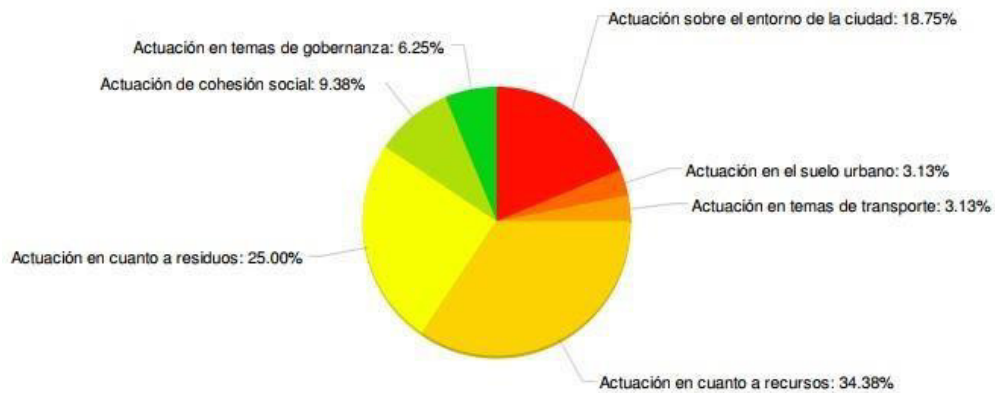
Algunos "otros":

- La optimización de los procesos y materiales de la construcción en pro al medio ambiente
- Es la utilización de los recursos naturales de una manera más eficiente
- Ayuda al medio ambiente
- Un espacio agradable y de fácil construcción con materiales anexos a los convencional
- Realizar un proyecto en pro de los beneficios actuales sin que se vea afectado despues
 - Construcción enfocada al mantenimiento y sostenibilidad ambiental
- medio ambiente
- Construcción autosustentable en términos operativos y ambientales
- Ayudar al medio ambiente
- Una manera innovadora de construcción para ayudar al medio ambiente

5. ¿Cuál de estas causas cree usted que es la principal razón para que la construcción sostenible no esté más instaurada en el mercado?



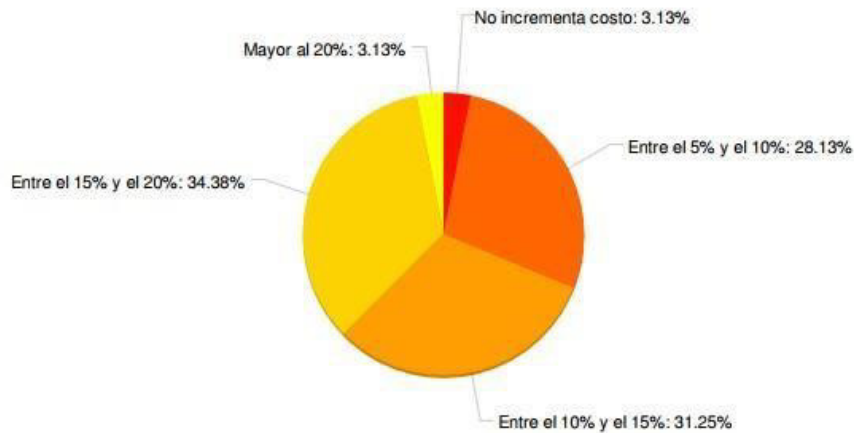
6. Según lo mencionan gobiernos encaminados en la construcción sostenible, como lo es el de España, existen unos criterios principales para encajar como sostenible una construcción. ¿Cuáles de estos usted aplica en su trabajo?



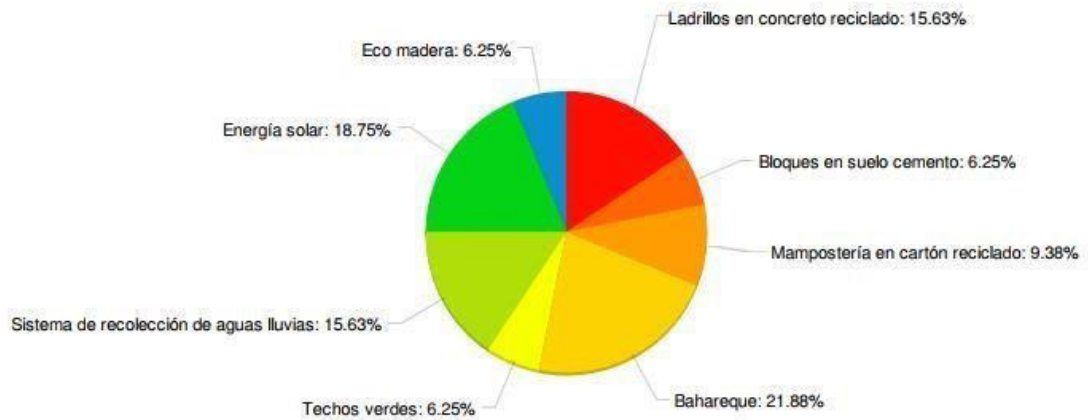
7. De los criterios anteriormente mencionados ¿Aplica alguno en su trabajo? ¿Por qué?

- No, no tomo esas desiciones
- Si, se debe realizar un buen manejo y disposición de los residuos generados para mejorar las condiciones del entorno y la salud.
- Solo me encargo del área financiera no, porque no tengo conocimiento -No, pues no.tengo muy claro el tema.
- Si, reciclando mis residuos sólidos
- si, reciclando mis residuos sólidos para ayudar al medio ambiente
- Ahorrando luz y agua
- No, ya están fijadas unas normas las cuales hay que seguir -reciclo
- Se informar a la gente
- Trato, pero se me incrementan costos
- Hago buen uso de los recursos naturales
- No se sabe mucho al respecto

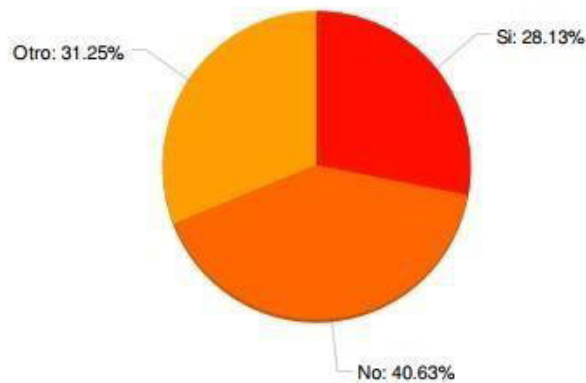
8. ¿Qué porcentaje (en promedio) cree usted que varía el costo total de una actividad constructiva realizada teniendo en cuenta criterios sostenibles en comparación de la misma actividad con medios de construcción tradicionales?



9. De las siguientes opciones ¿Cuál técnica constructiva ha realizado durante su vida laboral?



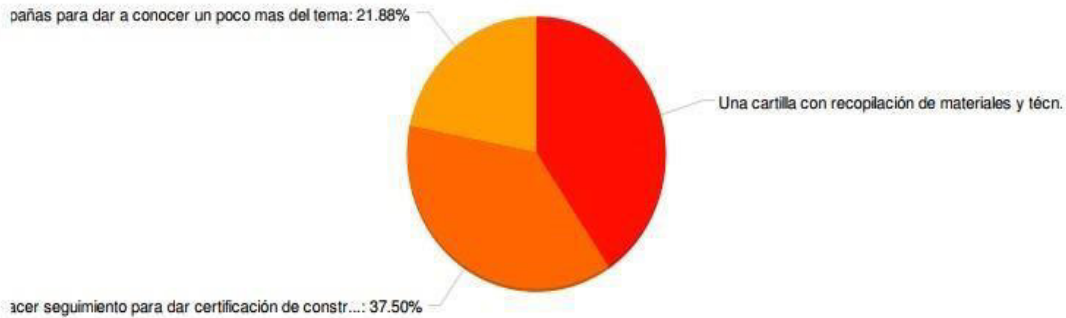
10. Como cliente ¿Está usted dispuesto a pagar el porcentaje adicional del inmueble por saber que fue construido teniendo en cuenta los criterios de una construcción sostenible?



Algunos "otros":

- Un 20 por ciento más
- Hasta el 19%
- 15%
- 10%
- 5%
- 1%

11. ¿Cómo cree usted que es la mejor manera de hacer llegar esta información, no solo a las entidades y personas encargadas de la construcción sino a todo el mundo en general?



Conclusión de la cartilla:

Para concluir este estudio estadístico podemos empezar diciendo que a pesar del gran porcentaje de personas que desconocen de técnicas sostenibles para la construcción, existe un interés representativo sobre este tema.

Por otro lado, se observa que la idea de una cartilla con algunos conocimientos aterrizados acerca de técnicas y materiales constructivos sostenibles es una solución llamativa como ayuda al proceso educativo para aplicarlo en el mercado.

Por último, se puede observar una activa presencia en estas técnicas en sus medios laborales, más que todo en aspectos de energías renovables, por lo tanto se puede concluir que esto se debe a la facilidad al ser técnicas que se hacen posibles con elementos prefabricados, por lo que el industrializar otras técnicas o materiales y poderlos llevar más a la mano de los clientes puede ser el camino para implementar radicalmente una línea sostenible en la construcción de nuestro país.

Conclusiones

El crecimiento del desarrollo de las sociedades hoy en día, y más aún, específicamente en el área de la construcción nos exige un continuo mejoramiento en sus técnicas y procesos para lograr una optimización; y el ver a Colombia como un claro ejemplo de país en crecimiento podemos decir que este proyecto aplica perfectamente en las necesidades que hacen falta por tener claras.

Podemos concluir que todas las técnicas y materiales presentados en el documento son aplicables para los principales sectores del país, ya que en la mayoría de los casos son procesos muy rústicos y adaptables a las capacidades promedio de la construcción en nuestro país. Para el caso de técnicas más sofisticadas y costosas como las energías eléctricas generadas por fuentes naturales, se puede decir que de igual manera son completamente aplicables, siempre y cuando el presupuesto lo permita.

También se puede decir, basándonos en los resultados obtenidos en la encuesta, que hace falta una implementación de estos conocimientos desde la primera etapa educativa de este medio, ya que la falta de aplicación en muchos casos es porque no se tienen conocimientos claros de estos temas.

Por otro lado, según la recopilación de estudios ambientales de diferentes años y diferentes áreas que logramos aterrizar en este documento, nuestro país presenta resultados que no son muy alentadores, a pesar de su alto nivel de biodiversidad, espacios verdes y fuentes hídricas de agua potable; lo cual no solo conlleva a pensar en planes de cambio en el estilo de vida individual para implementar el reciclaje y ahorro de recursos, sino también invita a los grandes procesos industrializados a implementar métodos que de una u otra manera disminuyan el impacto.

Ahora bien, a pesar que pareciera corta la lista de procesos, materiales y técnicas presentes en el documento, podemos darnos cuenta de lo atrasado que está el país en este tipo de estudios.

Por último podemos concluir, y ya metiéndonos en el área financiera que a pesar que en todos los casos el ahorro económico no es inmediato, la ganancia económica se va a ver repercutida con el desarrollo del tiempo, o en los “casos menos favorables” van a haber ganancias sociales y ambientales, lo cual en realidad es el objetivo de la aplicación de esto.

Bibliografía

ISMD Ingeniería Sostenible. (24 de Julio de 2017). *Organismos que apoyan la construcción sostenible*. Recuperado el 02 de 08 de 2017, de <http://ismd.com.co/organismos-que-apoyan-la-construccion-sostenible/> (2001). En *Diccionario Ilustrado Zamora*. Bogotá: Zamora.

ACCIONA. (s.f.). ACCIONA. Obtenido de Energía Solar: <https://www.accion.com/es/energias-renovables/energia-solar/>

Agustín. (31 de Marzo de 2016). *ECOLOGÍA HOY, Medio ambiente, ecología y cuidado*. Obtenido de Casas con suministro de energía solar: Desventajas que tienen: <http://ecologiahoj.net/energias-renovables/casas-con-suministrodeenergia-solar-desventajas-que-tienen/>

Alvaréz, C. (09 de Julio de 2010). *El País Blogs*. Obtenido de Lo que contamina un Ladrillo: <http://blogs.elpais.com/eco-lab/2010/07/lo-que-contamina-unladrillo.html>

Alvarez, C. R.-O. (2008). *PLAN DE NEGOCIOS PARA EL DISEÑO DE ARTICULOS FABRICADOS EN MADERA PLASTICA PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION*. Bogota D.C.

Arias, I. C. (2011). *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*. Obtenido de Los Materiales de Construcción de Vivienda de Interés Social: http://www.minvivienda.gov.co/Documents/guia_asis_tec_vis_2.pdf

Arquigrafico. (2016). *Arquigrafico ARQUITECTURA, INGENIERIA Y DECORACION*. Obtenido de Madera Sintética – Beneficios y Desventajas de la Madera Plástica: <https://www.arquigrafico.com/madera-sintetica-beneficios-y-desventajas-delamadera-plastica/>

Avila, D. C. (2012). *Techos verdes*. Pontificia Universidad Javeriana.

Ballard, B. W. (2007). *Site handbook for the construction of SUDS*. Londres: CIRIA.

Bedoya, C. M. (2003). *EL CONCRETO RECICLADO CON ESCOMBROS COMO GENERADOR DE HABITATS URBANOS SOSTENIBLES*. Medellín.

Bedoya, M. (2012). *El bloque de suelo cemento (BSC) al bloque de suelo Geopolimerizado*. Recuperado el 22 de 06 de 2017, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/8561/1/43635688.2012.pdf> Betancur, I. C. (s.f.).

Casanova, S. A. (2011). *VIVIENDA ECONÓMICA CONSTRUIDA CON BAHAREQUE EN BOSA*. Bogotá.

CCCS. (04 de Abril de 2016). *Consejo Colombiano de Construcción Sostenible*. Obtenido de Tendencias Globales de Construcción Sostenible: <https://www.cccs.org.co/wp/2016/04/04/tendencias-globales-deconstruccionsostenible-2016/>

Centro de industria y Construcción SENA. (s.f.). *Construcción de muros de Tapia y Bahareque*. Caldas.

Cerón, A. F. (2013). *Uso de estructuras desmontables en cartón reciclado (corrugado y tetrabrik) para construcción de aulas temporales en Bogotá*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá: Tesis para Magister en Construcción.

Gatani, M. P. (2000). *LADRILLOS DE SUELO-CEMENTO: MAMPUESTO TRADICIONAL EN BASE A UN MATERIAL SOSTENIBLE*. Córdoba-Argentina.

Gonzalez, A. A. (05 de Julio de 2012). *SlideShare*. Obtenido de Instalaciones Hidráulicas : <https://es.slideshare.net/archieg/instalaciones-hidraulicas>

Grabowski, R. (s.f.). *SIP Panel cartilla – su casa asequibles producido en masa*. Obtenido de IADDIC: <http://iaddicshelters.net/es/your-sip-panel-primertheaffordable-mass-produced-house/>

Import. (2016). La tierra como material de construcción. *EcoHabitar*.

Instituto de tecnología de la construcción de Cataluña. (s.f.). *CONSTRUMÁTICA Metaportal de arquitectura, ingeniería y construcción*. Obtenido de Impactos Ambientales en el Sector de la Construcción: http://www.construmatica.com/construpedia/Impactos_Ambientales_en_el_Sector_de_la_Construcci%C3%B3n

Instituto de tecnología de la construcción de Cataluña. (s.f.). *CONSTRUMÁTICA Metaportal de arquitectura, ingeniería y construcción*. Obtenido de Residuos Generados en las Obras de Construcción: http://www.construmatica.com/construpedia/Residuos_Generados_en_las_Obras_de_Construcci%C3%B3n

Jaramillo, H. Y. (2014). PANEL CON TUBOS DE CARTÓN, UNA RESPUESTA TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA. *Universidad Nacional de Colombia*.

Jaramillo, H. Y. (2014). PANEL CON TUBOS DE CARTÓN, UNA RESPUESTA TÉCNICA, ECONÓMICA Y AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA. Medellín.

Luckett, K. (2009). *Green Roof Construction and Maintenance*. McGraw-Hil.

Ministerio de Vivienda. (2017). *Minvivienda*. Recuperado el 22 de 05 de 2017, de <http://www.minvivienda.gov.co/cambioclimatico/mitigacion/construccionsostenible>

Montoya, C. M. (2003). *El concreto reciclado con escombros como generador de habitats urbanos sostenibles*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín.

- Montoya, C. M. (2011). *CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE Para volver al camino*. Bogotá: Mares Consultoría sostenible.
- Montoya, O. N.-C. (2012). *EL BLOQUE SUELO CEMENTO AL BLOQUE GEOPOLIMERIZADO*. MEDELLIN: MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN, MODALIDAD PROFUNDIZACIÓN, ÉNFASIS EN CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.
- ORIÓN. (Febrero de 2005). *Láminas ECOPLAK* . Obtenido de Características técnicas: <http://www.riorion.com.co/descargas/Ecoplak%20Ficha%20Tecnica%20Laminas%202009.pdf>
- Revista Sección. (2013). *Domoterra*. Recuperado el 21 de 07 de 2017, de <http://www.domoterra.es/blog/2013/04/02/el-cemento-y-la-produccion-de-co2/>
- RIORION S.A. (s.f.). *ECOPLAK*. Obtenido de <http://www.ecoplak.com/ecoplak.php>
- Ruiz, J. P. (2015). *Análisis de bloque de tierra comprimida como material alternativo y sostenible para la construcción* . Maracaibo, Venezuela .
- Salazar, M. R. (2016). *Diseño e implementación de un sistema de captación y aprovechamiento de aguas lluvias SCALL como alternativa de ahorro y uso sostenible de agua potable a nivel residencial en la ciudad de Bogotá*. Poryecto de grado por especialización, UDES, Escuela de ingeniería química, Bucaramanga.
- Solano, G. A. (2011). *PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACION DE TECNOLOGIA VERDE, ENFOCADA EN ENERGIA SOLAR, EN EL CENTRO COMERCIAL LA 22, EN SANTA MARTA, COLOMBIA*. Bogota D.C.