



**UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA**

**EDIFICACIÓN SOSTENIBLE, UNA ALTERNATIVA PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS**

EDWIN ALEXANDER RANGEL ABRIL - D7301998
d7301998@unimilitar.edu.co

Directora:

Arq. MSc. Luz Adriana Santos Castellanos

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Estudios a Distancia
Programa De Ingeniería Civil
Bogotá, Colombia
2019

**EDIFICACIÓN SOSTENIBLE, UNA ALTERNATIVA PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS**

EDWIN ALEXANDER RANGEL ABRIL - D7301998
d7301998@unimilitar.edu.co

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Civil

Directora:

Arq. MSc. Luz Adriana Santos Castellanos

Universidad Militar Nueva Granada
Facultad de Estudios a Distancia
Programa De Ingeniería Civil
Bogotá, Colombia

2019

Resumen

El sector de la construcción es uno de los principales motores de la economía al contribuir en la generación de empleo, sin embargo, debido a las múltiples labores realizadas y a la variedad de materiales usados en los diferentes procesos constructivos, la generación de residuos sólidos y de agentes contaminantes es mayor respecto a otras actividades. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) la construcción es responsable de la generación del 30% de los residuos sólidos mundiales, señalando la necesidad de generar métodos y emplear prácticas que minimicen la cantidad de residuos, debido a la falta de espacio para su apropiada disposición.

El Gobierno nacional busca disminuir la cantidad de residuos sólidos producidos en el campo de la construcción, motivo por el cual ha creado una serie de normas que regulan dichos procesos; donde propone el desarrollo de viviendas sostenibles que sean amigables con el medio ambiente y a su vez se integren al entorno natural, permitiendo la preservación del mismo.

Por lo anterior, se busca analizar la normatividad colombiana, para basarse en ella y establecer los parámetros básicos que debe tener una vivienda sostenible y poder generar un modelo para brindar soluciones de vivienda rural adecuadas para la habitabilidad, ofreciendo un prototipo que se ajusten a los contextos geográficos y ambientales en la Vereda La Palmita del Municipio de Alvarado – Tolima

Palabras clave: Vivienda sostenible, medio ambiente, energía renovable, impacto ambiental, calidad de vida.

Abstract

The construction sector is one of the main drivers of the economy by contributing to the generation of Jobs, however, due to the multiple tasks carried out and the variety of materials used in the different construction processes, the generation of solid waste and pollutants is greater than other activities. According to the United Nations Environment Programme (UNEP) the construction of is responsible for generating 30% of the world's solid waste, pointing out the need to generate methods and employ practices that minimize the amount of waste, due to the lack of space for proper disposal.

The national government in its bid to reduce the amount of solid waste produced in the field of construction, has created a series of rules governing such processes; where it proposes the development of sustainable housing that are environmentally friendly and in turn integrate into the natural environment, allowing the preservation of it.

Therefore, it seeks to analyze Colombian regulations, to build on it and establish the basic parameters that sustainable housing must have and to be able to generate a model to provide rural housing solutions suitable for liveability, offering a prototype that conform to the geographical and environmental contexts in the La Palmita Vereda of the Municipality of Alvarado – Tolima.

Keywords: Sustainable housing, environment, renewable energy, environmental impact, quality of life.

Contenido

1.	Error! Bookmark not defined.	
2.	Error! Bookmark not defined.	
3.	Error! Bookmark not defined.	
3.1.	Error! Bookmark not defined.	
3.2.	Error! Bookmark not defined.	
4.	Error! Bookmark not defined.	
4.1.	Error! Bookmark not defined.	
4.2.	Error! Bookmark not defined.	
5.	Error! Bookmark not defined.	
6.	Error! Bookmark not defined.	
7.	Error! Bookmark not defined.	
7.1.	Error! Bookmark not defined.	
7.2.	Error! Bookmark not defined.	
8.	Error! Bookmark not defined.	
8.1.	Construcción sostenible:	28
8.2.	Lineamientos de construcción sostenible:	29
8.3.	Materiales empleados para la construcción de una vivienda sostenible:	30
8.4.	Criterios para la selección de materiales:	38
8.5.	Actividades	40
8.6.	Ventajas de la Construcción sostenible	40
9.	42	
9.1.	Estrategias pasivas de diseño:	42
10.	48	
11.	53	
	Bibliografía	52

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Constitución bahareque encementado.	35
Ilustración 2: Detalle de la placa de la suela fijada al soporte vertical con pernos	46
Ilustración 3: Placa de la suela fijada al soporte vertical con pernos	47
Ilustración 4: Planta Ejes y Cimientos	48
Ilustración 5: Planta Arquitectónica	49
<i>Ilustración 6: Fachada Principal</i>	50
Ilustración 7: Corte A –A´	50
Ilustración 8: Detalle cerchas madera	51

Introducción

El interés creciente por implementar proyectos de edificaciones sostenibles, como alternativa para la construcción de viviendas surge a manera de respuesta ante la progresiva amenaza del cambio climático, al ser el sector de la construcción uno de los principales contaminantes, debido al uso de recursos naturales como materiales habituales.

Con este trabajo se busca identificar los principales criterios para catalogar una vivienda como sostenible y fundamentado en las políticas vigentes en Colombia, establecer los parámetros básicos que debe tener una vivienda sostenible y poder generar un modelo para brindar soluciones de vivienda rural adecuadas para la habitabilidad, ofreciendo un prototipo que se ajusten a los contextos geográficos y ambientales en la Vereda La Palmita del Municipio de Alvarado – Tolima.

A su vez, basado en experiencias de países como Italia, Malasia, Argentina, Brasil entre otros, se busca analizar los diferentes procesos que se han involucrado durante la etapa constructiva y que hacen que dichas construcciones acojan los pilares de la sostenibilidad y consideren los aportes que trae consigo la implementación de una vivienda que abarque dicho concepto.

El Gobierno Colombiano no ha sido indiferente ante la necesidad de implementar comunidades más sostenibles, por lo tanto, en el Plan de Desarrollo Ambiental (2016-2019) busca la construcción de viviendas y ciudades más amigables con el medio ambiente, logrando el aprovechamiento de las aguas lluvias y alcanzando una reducción del consumo de agua hasta de un 40% [1].

Esta investigación tiene un enfoque cualitativo, por lo tanto, apoyado en la base de datos virtual de la Universidad Militar Nueva Granada, se revisó la literatura que abarca este tema

y que permitirá despejar una serie de interrogantes que surgen durante el desarrollo de la investigación y ampliaran el panorama actual sobre el tema de sostenibilidad.

Se busca mostrar los beneficios de implementar la construcción de viviendas sostenibles en las zonas rurales, ya que el uso de sistemas constructivos convencionales genera mayor contaminación.

Lo anterior determina que este trabajo será únicamente explicativo, donde basado en experiencias aplicadas en otros países y en el análisis de la normatividad colombiana, se busca establecer los parámetros básicos que debe tener una vivienda sostenible y poder generar un modelo para brindar soluciones de vivienda rural adecuadas para la habitabilidad, ofreciendo un prototipo que se ajusten a los contextos geográficos y ambientales en la Vereda La Palmita del Municipio de Alvarado – Tolima.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente un tema de gran interés, es el cambio climático y sus graves consecuencias; siendo la contaminación del aire por las emisiones de gases uno de los problemas del medio ambiente más preocupantes [2]; por lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que hay una estrecha relación entre la salud respiratoria y cardiovascular y los niveles de polución del aire [3].

Se estima que la huella ecológica a nivel mundial es de 3,7 hectáreas por habitante, lo cual causa desgaste en las energías no renovables al haber superado la capacidad del planeta Tierra, donde los gases de efecto invernadero, entran a la atmosfera para ser convertidos en CO₂, según los datos de la Red Global de la Huella Ecológica (Global Footprint Network) [4], esta cifra lleva a reflexionar sobre la manera de disminuir el impacto ambiental.

En Colombia, los edificios consumen aproximadamente el 25% de la energía anual de la Nación, y a una escala más puntual, una vivienda unifamiliar en nuestro país consume 329 kilovatios por mes y 3.948 al año aproximadamente, lo que equivale a 78.960 kilovatios durante su vida útil que está calculada en 20 años aproximadamente [5].

Se busca que las viviendas tengan el componente de sostenibilidad, donde el principal objetivo es la disminución de los recursos naturales, lo cual conseguiría reducir en un 35% las emisiones de CO₂ [6] y un 50% en el consumo energético [7].

El reto al que se enfrentan los constructores es incorporar el concepto de vivienda sostenible a los futuros proyectos de infraestructura, buscando con ello preservar el entorno natural y a su vez brindar un equilibrio de las condiciones para satisfacer las necesidades básicas de sus habitantes [8], identificando las principales características de las técnicas, sistemas y materiales para una construcción sostenible.

Por otro lado, las viviendas rurales en Colombia tienen la necesidad de maximizar los estándares de confort climático de cada zona, basado en lo anterior, esta investigación se encamina en la plantear un prototipo de vivienda que use la bioclimática como herramienta principal de diseño y que a su vez reduzca a la mitad la cifra de consumo energético a lo largo de su vida útil.

Es necesario analizar la Normatividad que rige en Colombia sobre la implementación de viviendas sostenibles y poder generar un modelo para brindar soluciones de vivienda rural adecuadas para la habitabilidad, ofreciendo un prototipo que se ajuste a los contextos geográficos y ambientales en la Vereda La Palmita del Municipio de Alvarado – Tolima.

Debido a que este tipo de viviendas en su mayoría son de baja calidad y con falta de espacios habitables suficientes para satisfacer las necesidades básicas de una familia y teniendo en cuenta los desafíos que presenta el sector rural frente al urbano; como son la carencia de agua potable o la deficiencia en su abastecimiento, la falta de energía eléctrica y alcantarillado, surgen los siguientes interrogantes: ¿Que significa Construcción sostenible? ¿Por qué hablar de Construcciones sostenibles? ¿Cuáles son los lineamientos de la Construcción sostenible en Colombia? ¿Cuáles son las políticas vigentes que existen actualmente en Colombia sobre la construcción sostenible? ¿Cuáles son las técnicas que se emplean en el desarrollo de una construcción sostenible? ¿Qué características deben poseer los materiales a implementar en el desarrollo de una construcción sostenible? ¿Cuáles son los beneficios de implementar una vivienda sostenible en el área rural de la Vereda La Palmita, del Municipio de Alvarado – Tolima?

2. JUSTIFICACION

Según el Ecumene Habitar Solutions PVT de la Universidad de Sídney, el sector de la construcción es generador del 23% de los elementos que afectan la calidad del aire a partir del gas carbónico [9] , sin contar con el alto consumo que dicho proceso involucra de recursos naturales como materiales pétreos, agua, energía y madera [10]; generando una alta producción de residuos sólidos entre los que encontramos acero, concreto, restos de ladrillos, entre otros; lo cual implica actividades que consumen altos niveles de energía aumentando la huella ecológica.

En aras de reducir la huella ecológica que aporta cada proceso constructivo y que permanece durante largo tiempo, los proyectos de construcción de viviendas sostenibles en el mundo dejaron de ser una moda y se han convertido en una necesidad.

Es indiscutible que se deben implementar modelos de edificaciones sostenibles que minimicen los efectos ambientales, por lo cual es importante especificar que la base fundamental de las construcciones sostenibles, radica en la eficiencia energética, optimizando el consumo de energía, en la gestión adecuada de residuos y el consumo responsable de los recursos y materiales.

En la actualidad diferentes países como Italia, Malasia, Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, Perú, Guatemala, Panamá y Costa Rica se encuentran desarrollando modelos de edificaciones ambientalmente sostenibles que apoyados en el uso de tecnologías logran disminuir los efectos generados por la construcción al medio ambiente.

Colombia no ha sido indiferente a este tema y en el documento de política pública CONPES implemento los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que están enmarcados en la Agenda 2030, la cual fue aprobada en septiembre de 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas y que le apuntan al desarrollo sostenible teniendo en cuenta aspectos desde el punto de vista ambiental, social y económico de los 193 Estados Miembros que la suscribieron [11].

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL.

Identificar los principales criterios para catalogar una vivienda como sostenible y fundamentado en las políticas vigentes en Colombia, establecer los parámetros básicos que debe tener una vivienda sostenible y poder generar un modelo para brindar soluciones de vivienda rural adecuadas para la habitabilidad, ofreciendo un prototipo que se ajusten a los contextos geográficos y ambientales en la Vereda La Palmita del Municipio de Alvarado – Tolima.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las políticas vigentes en Colombia y establecer las características de la construcción de una vivienda sostenible, sus ventajas y desventajas
- Definir los criterios que se deben considerar en la selección de los diferentes procesos, sistemas y materiales para la construcción de una vivienda rural en el Municipio de Alvarado – Tolima que involucren los pilares de la sostenibilidad.
- Plantear un modelo de vivienda para brindar soluciones adecuadas para la habitabilidad en el área rural, ofreciendo un prototipo que se ajusten al contexto geográfico en la Vereda La Palmita del Municipio de Alvarado – Tolima.
- Analizar los beneficios, que se obtienen con la implementación de la construcción de una vivienda sostenible en el área rural del Municipio de Alvarado – Tolima.

4. MARCO DE REFERENCIA

4.1. ANTECEDENTES.

Dada la crisis ambiental causada por los procesos industriales, aumenta la necesidad de implementar modelos de edificaciones sostenibles que minimicen los efectos ambientales.

Ante el compromiso a nivel mundial de mitigar los daños ambientales, cada país se encuentra desarrollando diferentes modelos de edificaciones sostenibles, implementando tecnologías que reduzcan el deterioro causado por el sector de la construcción.

Italia cuenta con una experiencia bastante atractiva de vivienda sostenible ubicada en la campiña Véneto, donde el consumo energético es mínimo a 25 Kw / m², la producción del CO₂ es menor al 60%, con luces Led y recupera el 100% del agua lluvia, la cual se usa para sanitarios, grifos y riegos de jardinería [12]. Esta construcción fue la primera en recibir la certificación LEED (Líder en Eficiencia Energética y Diseño Sostenible) [13]

Así mismo, Malasia realizó un estudio en el año 2003, donde se llevó a cabo una evaluación de costos de inversión en una edificación sostenible, donde se concluyó que la inversión inicial es superior en el 2% respecto a una construcción tradicional, pero que el ahorro se encuentra en el mantenimiento y la reducción de los costos de servicios públicos [14]

En América Latina, países como Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, Perú, Guatemala, Panamá y Costa Rica han implementado políticas públicas que promueven la implementación de la construcción sostenible [15]

Brasil se ha destacado en la construcción de proyectos sostenibles, ocupando el cuarto lugar a nivel mundial en certificaciones LED (Diodo Emisor de Luz), un caso para destacar es el conjunto residencial Paraisopolis, que implemento sistemas de uso eficiente del agua, eficiencia energética, materiales de construcción de bajo impacto ambiental, lo cual lo hizo merecedor del segundo lugar en los premios Holcim de 2012 y certificado en la categoría oro por CAIXA 2014, al contar con 39 de los 46 criterios de la metodología selo azul Caixa [16].

Chile desarrollo un proyecto con más de 70 viviendas acondicionadas térmicamente, lo cual logro la reducción del consumo energético entre el 20 y 30 %, el acondicionamiento térmico de las viviendas y al uso de energías renovables, [17]demostrando su avance en cuestión de sostenibilidad en el sector de la construcción, para beneficiar a la población más vulnerable.

La estrategia nacional que ha implementado México, abarca una serie de compromisos adquiridos en el Protocolo de Kioto y cinco planes de aporte al cambio climático; donde se busca optimizar los niveles de eficiencia energética mediante el aprovechamiento de la misma [18]

Colombia no se ha quedado atrás y ha implementado medidas que aportan su grano de arena al medio ambiente, mediante el Plan de Acción Sectorial de Mitigación para el Sector Vivienda y Desarrollo Territorial, le está apostando a la construcción sostenible de edificaciones con la idea de minimizar los efectos del cambio climático y mejorar la calidad de vida de sus habitantes [19].

Así mismo, la Universidad de los Andes realizó en el año 2011 un estudio donde se estimó la curva de costos de abatimiento de emisiones de gases efecto invernadero en el sector vivienda urbana en Colombia, dando como resultado que con mejores diseños de viviendas y la implementación de nuevos materiales, se puede optimizar el uso de energía [20].

También encontramos la Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, el cual hace parte del Anexo 1 de la Resolución donde se establecen las estrategias que hacen de una construcción sostenible, promoviendo la eficacia energética y la conservación del agua [21]; cuyo objetivo es establecer las pautas de ahorro de agua y energía mínimo en un 15% en construcciones nuevas; teniendo en cuenta los variados climas que se presentan en Colombia, los cuales son uno de los principales factores en los consumos de agua y energía [22].

El Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) de Construcción sostenible en conjunto con el Departamento Nacional de Planeación (DNP) plantea como estrategia disminuir los efectos negativos en el medio ambiente causados durante el ciclo de vida de las edificaciones [23]

4.2. MARCO GEOGRAFICO

El Municipio de Alvarado –Tolima conocido como “La Puerta del Norte del Tolima”, se encuentra ubicado a 20 minutos de Ibagué, la capital del Departamento del Tolima, a una distancia de 27 kilómetros.

Cuenta con una altitud de 412 metros, temperatura de 27°, Latitud 04°34’06” N y Longitud 074°57’24” O.

Limita la Norte con Venadillo, al Occidente con Anzoátegui e Ibagué, al Oriente con Piedras y al Sur con Ibagué y Piedras.

Su economía esta basa en la agricultura de arroz, sorgo, aguacate, cítricos, tomate, tabaco, algodón, ganadería, leche, carne, agroindustria.

5. METODOLOGÍA.

Para desarrollar este trabajo de investigación, es necesario efectuar una amplia revisión de literatura basada en vivienda sostenible, cuya bibliografía fue tomada principalmente de las bases virtuales de la Universidad Militar Nueva Granada, con el fin de establecer los procesos, sistemas y materiales constructivos apropiados.

Así mismo, se debe incluir en la bibliografía por estudiar, la normatividad que rige a Colombia en materia de sustentabilidad en el sector de la construcción, ya que es en ella que se establecen los principales criterios para catalogar una vivienda como sostenible y se determinan los parámetros básicos que debe tener y así poder generar un modelo para brindar soluciones de vivienda rural adecuadas para la habitabilidad, ofreciendo un prototipo que se ajusten a los contextos geográficos y ambientales en la Vereda La Palmita del Municipio de Alvarado – Tolima.

El enfoque de este trabajo será cualitativo, al recurrir a la recolección y análisis de datos, que permite ir desarrollando preguntas de investigación durante el proceso de recolección de datos. La acción investigativa se mueve de modo dinámico en los dos sentidos: entre los hechos y su interpretación, dando como resultado un proceso circular en el que el orden no siempre es el mismo, pues varía con cada estudio [24].

Por su enfoque cualitativo, se debe abarcar amplia información respecto al tema, por este motivo en la fase de recolección de bibliografía, se reunieron trabajos realizados desde varias disciplinas, con el objetivo de ampliar el panorama en la implementación de viviendas sostenibles [25], haciendo énfasis en identificar las principales características que debe tener esta clase de construcciones y establecer los procesos, sistemas y materiales constructivos dentro del marco de una vivienda sostenible y amigable con el medio ambiente, buscando implementar prácticas que minimicen el impacto en el ambiente y brinden mayor bienestar a sus ocupantes [26].

6. ALCANCE.

El alcance de esta investigación es identificar los parámetros básicos que debe tener una vivienda sostenible y poder generar un modelo para brindar soluciones de vivienda rural adecuadas para la habitabilidad, ofreciendo un prototipo que se ajusten a los contextos geográficos y ambientales en la Vereda La Palmita del Municipio de Alvarado – Tolima.

Se busca aprovechar los avances sobre el tema que han tenido países como Italia, Malasia, Argentina, Brasil, Colombia, Chile, México, Perú, Guatemala, Panamá y Costa Rica para implementar un prototipo de vivienda que se pueda ejecutar en el área rural del Municipio de Alvarado y que esté basado en los sistemas pasivos para lograr su acondicionamiento ambiental mediante procedimientos naturales; utilizando el sol, el viento, las características propias de los materiales de construcción, la orientación, entre otras.

Para poder llevar a cabo el desarrollo de esta investigación, se hace necesario definir que es una construcción sostenible y cuáles son sus pilares; así mismo se requiere revisar el

aporte del gobierno en cuestión de políticas públicas relacionadas con la construcción de viviendas sostenibles, identificando las políticas vigentes en el país.

A su vez, se busca detallar las técnicas que se emplean y los materiales apropiados en el desarrollo de una construcción sostenible, para finalmente enumerar los beneficios que trae implementar este tipo de construcciones en Colombia, principalmente en el área rural.

7. MARCO LEGAL

7.1. Marco Legal Internacional

Principales Normas, Acuerdos y eventos Internacionales, orientados al Desarrollo sostenible y el Derecho a un ambiente sano.

7.1.1. Declaración de Estocolmo (1972): Es una declaración emitida por la Conferencia de las Naciones Unidas donde se cuestiona por primera vez la problemática del medio ambiente resaltando la importancia del mismo para el ser humano y los demás seres vivos.

Se trata de un conjunto de 106 Recomendaciones y 24 Principios que defienden el derecho al desarrollo sustentable y a la protección y conservación del medio ambiente [28].

7.1.2. Comisión Brundtland: Nuestro Futuro Común (1987): Se presentó en 1987 por la Comisión Mundial Para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU,

en cabeza de la doctora noruega Gro Harlem Brundtland, quien trabajo examinando las condiciones del planeta tierra en ese período y demostró que el camino que la sociedad a nivel mundial había tomado estaba devastando el medio ambiente.

Instó principalmente a que la protección del medio ambiente dejara de ser una labor específica de un país y que se convirtiera en un problema global.

La importancia de este documento no sólo reside en el hecho de lanzar el concepto de desarrollo sostenible, definido como aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones, sino que este fue incorporado a todos los programas de la ONU y sirvió de eje a la Cumbre de la Tierra celebrada en Río de Janeiro en 1992.
[29]

7.1.3. Convenio de Viena (1987): El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono, ratificado por los 33 países de América Latina y el Caribe, entró en vigencia en septiembre de 1988. Su objetivo es apoyar investigaciones sobre el impacto de las actividades humanas en la capa de ozono y poder acoger medidas legislativas o administrativas en contra de actividades produzcan efectos desfavorables en la capa de ozono [30].

7.1.4. Protocolo de Montreal (1989) es un acuerdo ambiental internacional que consiguió aprobación universal para salvaguardar la capa de ozono de la tierra, con el fin de eliminar el uso de sustancias que agotan la capa de ozono. Un beneficio colateral muy importante es que, durante el período 1989-2013, se

han reducido las emisiones acumuladas de CO₂ en 135.000 millones de toneladas [31].

- 7.1.5. Declaración de Rio de Janeiro (1992), también conocida como la Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), más conocida como la Cumbre de la Tierra, donde se fortaleció el concepto de desarrollo sostenible y le confiere carácter colectivo. Esta Conferencia marco la diferencia en temas relacionados con medio ambiente y desarrollo, logrando que esta relación adquiriese una relevancia hasta entonces inédita, ya que se logró firmar La Agenda 21, que es el plan de acción mundial que promueve el desarrollo sostenible y la Declaración de Rio sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, encargada de definir los derechos y obligaciones de los países sobre el medio ambiente y el desarrollo.

Así mismo, también se firmó la Declaración de Principios Forestales, la cual se trata del primer acuerdo para preservar los bosques [32]

- 7.1.6. Protocolo de Kyoto (1997): su compromiso es estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero, implantando políticas a nivel internacional que logren la disminución de emisiones por lo menos de seis gases causantes del efecto invernadero, como son el Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxido Nitroso (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFC), Perfluorocarbonos (PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF₆) [33]

7.2. Marco Legal Nacional

Colombia con el fin de dar cumplimiento a los diferentes acuerdos aprobados a nivel mundial, ha emitido la normatividad que regula el tema ambiental.

7.2.1. Ley 23 expedida en el año 1973, por la cual se conceden facultades extraordinarias al presidente de la República para expedir el Código de Recursos Naturales y protección al medio ambiente, cuyo objeto es prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional [34].

7.2.2. Decreto 2811 expedida el 18 de diciembre de 1974, por el presidente de la república de Colombia, por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente [35].

7.2.3. El 24 de enero de 1979, el Congreso de la República decreta la Ley 9, por la cual se dictan Medidas Sanitarias para la protección del Medio Ambiente, que establece entre otras cosas, las normas sanitarias para la prevención y control de los agentes biológicos, físicos o químicos que alteran las características del ambiente exterior de las edificaciones hasta hacerlo peligroso para la salud humana [36].

7.2.4. El Ministerio de Salud para el año 1983 el 04 de agosto, emitió la Resolución 8321, donde se dictan normas sobre Protección y Conservación de la Audición

de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos [37].

7.2.5. El 22 de diciembre de 1993, el Ministerio de Medio Ambiente ordena la Ley General Ambiental de Colombia, mediante la Ley 99, la cual crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dicta otras disposiciones, como son el procedimiento para el otorgamiento de las licencias ambientales y los estudios de impacto ambiental, que contendrá información sobre la localización del proyecto y los elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos del medio que puedan sufrir deterioro por la respectiva obra o actividad, para cuya ejecución se pide la licencia, y la evaluación de los impactos que puedan producirse. Además, incluirá el diseño de los planes de prevención, mitigación, corrección y compensación de impactos y el plan de manejo ambiental de la obra o actividad [38].

7.2.6. En 1994, el 12 de julio, el Congreso de la República estableció la Ley 143, que se encarga de establecer el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, estableciendo unas disposiciones en materia energética [39].

7.2.7. Para el 14 de diciembre de 1994, el Ministerio del Medio Ambiente implementó la Resolución 541, por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros,

materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación [40].

7.2.8. El 5 de junio de 1995, el Ministerio del Medio Ambiente, emitió el Decreto 948, que reglamento parcialmente, la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto; La Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9 de 1979; y la Ley 99 de 1993, que están relacionados con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire; también hace referencia al manejo que se le debe dar a los residuos de materiales sólidos de construcción, que pueden originar emisiones de partículas contaminantes que deberán estar cubiertos en su totalidad de manera adecuada o almacenarse en recintos cerrados para impedir cualquier emisión fugitiva [41].

7.2.9. El Congreso de la República, el 11 de junio de 1997, decreto la Ley 373 de 1997, por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua [42].

7.2.10. El Congreso de la República expidió la Ley 388 de 1997, conocida como la “Ley de Desarrollo Territorial” , que establece un mandato para que todos los municipios del país formulen sus respectivos Planes de Ordenamiento Territorial; definiendo el Ordenamiento Territorial como: “el conjunto de acciones político-administrativas y de planificación física concertadas, con el fin de disponer de instrumentos eficientes para orientar el desarrollo del territorio bajo su jurisdicción y regular la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo

socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales.” [43]

7.2.11. El 30 de diciembre de 1997, el presidente de la República de Colombia, reglamento el decreto el Número 3102, el cual está relacionado con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua [44].

7.2.12. En 1998, el presidente de la República de Colombia, reglamento el Decreto 1052, por el cual se reglamentan las disposiciones referentes a licencias de construcción y urbanismo, al ejercicio de la curaduría urbana, y las sanciones urbanísticas [45].

7.2.13. Para el 2001, el Congreso de la República de Colombia, aprobó la Ley 697, la cual fomenta el uso racional y eficiente de la energía, que promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones [46].

7.2.14. En el año 2002, el presidente de la República el 6 de agosto expide el Decreto 1713, en el cual reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos [47].

7.2.15. Para el 23 de marzo de 2005, la Presidencia de la República de Colombia, reglamenta el Decreto 838, por medio del cual modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre la disposición final de residuos sólidos y se dictan las consideraciones ambientales y técnicas de planeación, construcción y operación de rellenos sanitarios [48].

7.2.16. Para el 14 de marzo de 2005, el Departamento Nacional de Planeación, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el Ministerio de Hacienda y Crédito Público, aprobaron el documento Conpes 3343, que establece los lineamientos y estrategias de desarrollo sostenible para los sectores de agua, ambiente y desarrollo territorial; haciendo énfasis en la conformación de ciudades con mejor calidad ambiental y adecuadas condiciones urbanísticas a través de cinco estrategias: inducir a la renovación y redensificación urbana, optimizar las condiciones de los asentamientos precarios, optimizar la movilidad de las ciudades, prevenir y mitigar riesgos ambientales urbanos, optimar la calidad de las áreas de expansión de las ciudades, y desarrollar ajustes institucionales y normativos [49].

7.2.17. Para el 04 de julio de 2007, el Ministerio de Minas y Energía dictó unas disposiciones por medio del Decreto 2501, el cual busca promover prácticas con fines de uso racional y eficiente de energía eléctrica [50].

7.2.18. En el año 2008, el 19 de diciembre, el Congreso de la República de Colombia, aprobó la Ley 1259, por medio de la cual se instaura en el país la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros [51].

7.2.19. En el año 2008, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Min Ambiente acogió la Política de Gestión Ambiental Urbana, donde en la que se establecen las pautas para el manejo sostenible de las áreas urbanas del territorio nacional, encaminadas especialmente a la armonización de las políticas ambientales y de desarrollo urbano, así como al fortalecimiento de

espacios con el fin de afianzarse en la construcción de ciudades sostenibles [52]

7.2.20. El 25 de septiembre de 2009, el Ministerio de Interior y de Justicia, aprobó el Decreto 3695, el cual busca reglamentar la Ley 1259 de 2008, estableciendo los lineamientos generales para la imposición de comparendos ambientales [53]

7.2.21. El 30 de abril de 2010, el presidente de la República de Colombia, aprobó el Decreto 1469, el cual reglamenta las disposiciones relativas a las licencias urbanísticas, al reconocimiento de edificaciones y a la función pública que desempeñan los curadores urbanos [54]

7.2.22. En el año 2012, la presidencia de la República y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, aprobó Agenda 21, cuya finalidad es incorporar parámetros de sostenibilidad ambiental en el desarrollo de las ciudades, mediante el manejo adecuado de residuos, así como en la producción de insumos, la prestación y consumo de servicios públicos domiciliarios y en la construcción de edificaciones [55].

7.2.23. Para el año 2012, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible estableció los criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana donde se establecen los objetivos de sostenibilidad ambiental; basada en tres objetivos básicos de gestión ambiental que se establecen como los principios fundamentales de la construcción sostenible y son: La

racionalización del uso de los recursos naturales; la sustitución con sistemas o recursos alternativos y el manejo del impacto ambiental. [56]

7.2.24. Para agosto de 2013, Código de construcción sostenible en Colombia, desarrollado por el gobierno colombiano a través del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y la Corporación Financiera Internacional (IFC) para mitigar el impacto ambiental del sector de la construcción [57].

7.2.25. Para el 21 de octubre de 2014, se aprobó el Documento Conpes 3819, sobre política nacional para consolidar el sistema de ciudades en Colombia, buscando construir “Ciudades Sostenibles y Competitivas” [58]

7.2.26. El Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, para el 12 de junio de 2015, expidió el Decreto 1285, por el cual se modifica el Decreto 1077 de 2015, Decreto único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en lo relacionado con los lineamientos de construcción sostenible para edificaciones [59].

7.2.27. Para el 10 de julio de 2015, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, emite la Resolución N° 0549, por la cual se reglamenta el Capítulo 1 del Título 7 de la parte 2, del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones [60].

7.2.28. EL 28 de febrero de 2017, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, emite la Resolución 472, por la cual se reglamenta la gestión integral de los

residuos generados en las actividades de Construcción y Demolición (RCD) y se dictan otras disposiciones [61]

8. MARCO CONCEPTUAL

Para determinar las principales características que poseen las viviendas sostenibles, basado en la normatividad vigente en Colombia, se identifican los procesos constructivos, sistemas y materiales a implementar; por lo tanto, para una mejor comprensión del tema, se ha identificado una serie de conceptos básicos, como son:

8.1. **Construcción sostenible:** es aquella que está en relación con el sitio, hace uso de energía, agua y materiales de una forma eficiente, que se encarga de proporcionar confort y salud a sus habitantes, a un proceso de selección de materiales y procesos constructivos, conscientes del clima y la ecología del entorno donde se construye la edificación [62].

Según el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en la Resolución 0549 del 10 de julio de 2015, en el Artículo segundo, define Construcción sostenible como “el conjunto de medidas pasivas y activas, en diseño y construcción de viviendas, que permiten conseguir una serie de ahorros, enfocados al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y al ejercicio de actuaciones con responsabilidad ambiental y social” [60]

8.2. **Lineamientos de construcción sostenible:** Dado que la definición de edificaciones sostenibles es extensa y cubija un amplio rango de aspectos, los más típicos dentro del concepto de edificaciones sostenibles incluyen: la Eficiencia en los recursos como el agua, energía y materiales de construcción de baja energía

embebida; la calidad del ambiente interior, la sostenibilidad en obra y la sostenibilidad con el entorno [62].

En el Decreto 1285 de 2015, se establecen los parámetros y lineamientos técnicos para una construcción sostenible, donde como mínimo se debe cumplir con los porcentajes obligatorios de ahorro en agua y energía según el clima y el tipo de edificación [59].

Así mismo, la Guía de construcción sostenible para el Ahorro de Agua y Energía en edificaciones nuevas, según la Resolución No. 549 de 2015, para fijar los lineamientos se basó en una metodología que consiste en analizar los costos-beneficios de diferentes medidas. Teniendo en cuenta que este varía según las características de cada zona climática en el país, temperatura y humedad relativa. El clima es el factor más determinante en el consumo de agua y energía y su comprensión admite establecer condicionantes para el diseño con el fin de evitar una incidencia negativa de las condiciones ambientales de la construcción.

La Resolución 549, elaboro la línea base y define el consumo promedio de agua y energía según el tipo de edificio, teniendo en cuenta los sistemas constructivos usados frecuentemente y los perfiles de uso acorde al tipo de edificación; recomendando una serie de medidas a implementar en las nuevas edificaciones y se establece el potencial de ahorro de recursos gracias al uso de tales estrategias.

- 8.3. **Materiales empleados para la construcción de una vivienda sostenible:** Es importante utilizar materiales renovables o que este probado que su impacto al medio ambiente es el mínimo posible. Existe gran cantidad de materiales para poder seleccionar al momento de implementar una vivienda sostenible; éstos suelen ser elegidos según sus características físicas, químicas, estéticas,

disponibilidad y precio; se clasifican, según su origen, su uso y su función en la obra.

En razón de su origen, se dividen en materiales pétreos de origen natural, manufacturados con pétreos, y los producidos por la industria petroquímica.

Según su uso, los materiales de construcción se clasifican en: materiales principales, materiales aglomerantes y auxiliares. Los materiales principales son los que se emplean de modo predominante en las partes resistentes de la construcción y son piedras, ladrillos, concretos, madera y metales. Los aglomerantes son los que sirven para unir entre sí los materiales principales, en formaciones adecuadas a su función, entre ellos el cemento, el yeso y la cal.

Por último, los auxiliares son aquellos que se emplean en el acabado final de la construcción, tales como vidrios, pinturas, impermeabilizantes, etc.

Por su intervención en la obra, los materiales son: de cimentación, de estructura, de cerramiento y de acabados.

Los de cimentación son fundamentalmente los concretos, en particular, el concreto armado. Las estructuras pueden ser de concreto, metálicas, de madera o mixtas. Los de cerramiento pueden ser materiales cerámicos o pétreos, metálicos o prefabricados.

Por las propiedades y características que tienen los materiales y su incidencia dentro del diseño bioclimático, el origen constituye el criterio predominante para la selección de los mismos; no obstante, la función y el uso del material en las obras de construcción son factores que se deben tener en cuenta.

En relación con materiales y recursos, para adentrarnos en construcción sostenible, es conveniente utilizar materiales con bajo nivel de compuestos

orgánicos volátiles y preferir insumos locales o reciclados. Es necesario utilizar como proveedores de la obra o contratistas, industrias que sean amigables con el medio ambiente, que cumplan con responsabilidad social ambiental.

8.3.1. **Bloques y ladrillos de tierra:** Los ladrillos de tierra cocida tienen un gran trayecto en la historia de la construcción [63]. Una de las razones es su capacidad para resistir peso.

Este tipo de ladrillo está fabricado a partir de tierra, son ladrillos que no tienen perforaciones, cosa que les concede un mayor aislamiento térmico.

El peso propio de la tierra cocida logra que un muro acumule calor y lo libere al cabo de varias horas cuando desciende la temperatura, debido a su capacidad para regular la humedad de forma natural, por lo que consigue generar un ambiente interior estable, robando y cediendo humedad del espacio, según varíe el uso y la temperatura.

8.3.2. **Ladrillos de cerámica convencionales:** es uno de los materiales de construcción por excelencia en nuestro país. Pueden ser opacos o perforados para hacerlos más livianos y facilitar su instalación en la obra [64].

Si son aligerados, su capacidad térmica es menor que los ladrillos de tierra cocida, no obstante, su capacidad de soportar peso apenas disminuye y son muy apropiados para levantar muros de carga [65].

Uno de sus puntos negativos es que no cumple con todos los criterios de la bioconstrucción y esto se debe, en parte, a que se necesita una gran cantidad de energía para su fabricación con la consecuencia que se libera una gran cantidad de CO² [66]

Además, para conseguir arcilla –la materia prima con la que se fabrican los ladrillos- es necesario habilitar canteras sin tener en cuenta el impacto ambiental que esto puede suponer.

Aunque no es el material ideal para una casa sostenible, a veces hay que tenerlo en cuenta por su precio, su disponibilidad y la facilidad de construcción que el ladrillo implica.

8.3.3. **Bloques de tierra estabilizada:** Se trata de piezas hechas con tierra a la que se le incrementan otros materiales como la arcilla para ayudar a compactarla y hacerlo más sólido.

Una de las diferencias respecto a otros tipos de ladrillos es que estos no se llevan al horno, por lo que ahorramos toda la energía que se destina al proceso de cocción, lo cual, lo hace un buen candidato al momento de construir una vivienda sostenible; además que es termorregulador, al controlar de manera natural la humedad en la construcción.

El bloque de tierra es un material muy estable y duradero que lleva siglos siendo utilizado en viviendas, demostrando su durabilidad.

8.3.4. **Bloques de hormigón:** El hormigón es un material que se usa en la gran mayoría de países del mundo y está presente en casi todas las obras de construcción.

Aunque no cumple con los criterios para ser usado en la construcción de una vivienda sostenible, merece la pena considerar los bloques de hormigón por su disponibilidad y economía.

Estos bloques en su proceso de fabricación mezclan los componentes, se vierten en un molde metálico y después de un proceso de vibración, se deja

fraguar el hormigón hasta su completo secado. Al igual que los ladrillos convencionales, los bloques de hormigón suelen estar vaciados para que sean más ligeros, pero de forma que no pierdan capacidad para soportar cargas. Los bloques de hormigón resultan un buen material para construir estructuras, aunque hay que armarlos en su interior de forma correcta.

- 8.3.5. **Tierra prensada y adobes:** es un ladrillo sin cocer hecho a partir de barro al que a veces se le añade paja. Se trata de un material tradicional que se utiliza desde hace siglos [67].

La ventaja de la tierra prensada y del adobe es que apenas requiere energía para su construcción ya que solo hay que dejarlas secar al sol y no necesitan ningún tipo de cocción. Además, se trata de materiales totalmente naturales cuya materia prima puede ser la tierra del propio terreno.

Estos bloques tienen muy buenas condiciones de aislamiento acústico y térmico debido a las características del material y el grosor que se necesita para construir. El punto débil de estos materiales es que el proceso de construcción puede ser lento si no se planifica de forma adecuada; además, el grosor de muro que se requiere para aguantar el peso de una casa es mayor al de otros materiales, por lo que se pierde espacio útil en el interior de la vivienda. Aun así, en ciertos casos se está volviendo a trabajar con este material debido a sus características ecológicas y respetuosas con el medio ambiente y cada vez es más fácil encontrar profesionales cualificados para construir tanto en este sistema como con muro de tapial que es el que se construye in situ mediante encofrados.

8.3.6. **Bahareque encementado:** es un sistema usado para la construcción de muros, basado en la fabricación de paredes construidas con un esqueleto de guadua o madera, cubierto con un pañete de mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre (malla de gallinero o venada), clavada en caña picada, chancada o esterilla que, a su vez, se clava sobre el esqueleto del muro.

Este sistema constructivo es más liviano y está formado por dos partes, el entramado y el recubrimiento.

El entramado o sistema estructural primario, se construye con un marco de guadua o madera aserrada y tiene dos soleras, inferior y superior y pie derecho, que se unen entre sí con clavos o tornillos.

El recubrimiento se hace con mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre, que debe estar anclada directamente sobre el entramado de la esterilla de guadua o sobre un entablado.

En la figura 1, se puede apreciar los componentes del sistema constructivo del bahareque encementado.

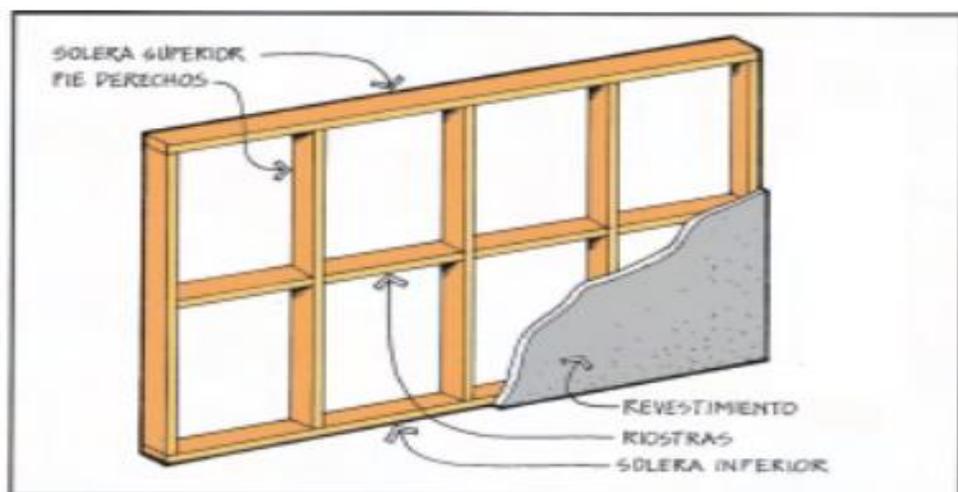


Ilustración 1: Constitución bahareque encementado.

Tomado: Manual de construcción Sismo resistente de viviendas en bahareque encementado.

Las construcciones de bahareque encementado tiene un gran potencial donde crece la guadua, al ser un material que ha demostrado ser apropiado para la construcción de viviendas resistentes y de bajo costo en muchas partes del mundo, como Costa Rica, Colombia, Nepal, Ecuador, El Salvador y Filipinas [68]

8.3.7. **Madera:** es el más utilizado de los materiales para construir una casa sostenible. Es un material versátil, sostenible, absorbente –regula la humedad de forma natural- y tiene una gran variedad de opciones constructivas [69].

En comparación con los materiales estructurales tradicionales como el mortero y el acero, la madera es mucho más ligera, cosa que logra reducir las cargas y el peso de la construcción y con ello las necesidades de cimentación. Además, construir una casa con estructura de madera es mucho más rápido que construir con estructura de mortero.

8.3.8. **Guadua:** es un material sustentable que se utiliza tanto en la construcción de casas como de muebles.

Entre las principales características de la Guadua destaca su firmeza a compresión y una buena resistencia al corte paralelo, adicional a la gran flexibilidad que presenta, convierte la Guadua en una herramienta especialmente interesante para la construcción sostenible, donde está clasificada como material estructural sismo-resistente.

El alto porcentaje de fibra presente en su estructura y el alto contenido en sílice en su cara exterior hacen que esta especie presente las asombrosas características de resistencia y flexibilidad que la caracterizan [70].

En Querétaro México, estudiantes de una maestría en Ingeniería, desarrollaron un modelo de vivienda sostenible con un sistema constructivo conocido como bambulosa, que está basado en vigas de guadua reforzadas con acero, convirtiendo la guadua en material estructural, para luego conformar una losa por vigas de guadua reforzadas donde se coloca una armazón de guadua o madera, que soportara el piso que puede ser de madera o de concreto.

Es de fácil instalación, tiene igual resistencia que las losas tradicionales de concreto, reducción del precio de la construcción y bajo impacto ambiental.

Es una alternativa favorable para la construcción de viviendas, ya que ofrecen resistencia a un menor precio [71].

La guadua se conoce como el acero vegetal dadas sus cualidades, motivo por el cual su uso es extenso en el sector rural debido a su estética, a su facilidad de trabajo y a su valor medioambiental.

La guadua presenta ventajas a nivel medioambiental, ya que su aislamiento térmico hace que sea más ventajosa en los climas cálidos.

Piedra: es un material importante en la historia de la construcción debido a capacidad para soportar cargas. Se trata de un material que requiere poco mantenimiento y que tiene una larga vida útil debido a su resistencia.

La piedra trabaja muy bien a compresión. En caso de construir una estructura de piedra, se suele combinar con vigas de madera o algún otro material que trabaje bien a tracción. Sin embargo, la piedra es un material muy caro y que requiere una mano de obra muy especializada por lo que se suele utilizar hoy

en día sobretodo como revestimiento para lo que tiene unas capacidades muy buenas especialmente si se utiliza como fachada ventilada.

A nivel ecológico, aunque no es un material ilimitado ni renovable, la piedra es totalmente natural y tiene muchas prestaciones como aislamiento térmico y acústico.

- 8.3.9. **Energía:** La principal característica de una vivienda sostenible, es el bajo consumo de energía debido al uso de energías renovables como la energía solar, con el uso de paneles solares y energía eólica, con turbinas eólicas, combinado por ejemplo con sistemas de sombreado y aprovechamiento de iluminación y ventilación natural, implementando ambientes con espacios abiertos, lo cual disminuye la utilización de bombillas y aires acondicionados.

En la implementación de iluminación artificial, es indispensable utilizar aparatos de bajo consumo energético como lo pueden ser los bombillos led [26]; los cuales representan un ahorro entre el 60% y el 70% en el consumo de energía sobre las lámparas fluorescentes y 90% sobre las incandescentes. Tienen una vida útil mucho más larga y no se usan materiales contaminantes en su fabricación como mercurio o fósforo [72].

Inicialmente, este tipo de construcción supone un incremento de coste sobre el modelo constructivo tradicional. Pero, dicho incremento se ve recompensado, ya que a corto plazo de tiempo (entre 8 y 15 años), el ahorro de la energía consumida supondrá un retorno de la inversión económica, que dependerá de factores como: el tipo vivienda, de su uso (diario o estacional) y de los costes energéticos. [73]

8.4. **Criterios para la selección de materiales:** en la selección de materiales se han estandarizado algunos criterios determinados a partir de varios métodos, entre ellos, los sistemas de certificación de edificaciones como LEED, BREEAM, HQE; las guías de buenas prácticas como la Cartilla de Criterios Ambientales para el Diseño y la Construcción de Viviendas Urbanas desarrollada en Colombia y los resultados de investigaciones que aportan en el conocimiento específico relacionado con los impactos de los materiales.

En el artículo sobre diseño sostenible de la edificación [74] los autores indican que la selección cuidadosa de materiales de construcción es la manera más sencilla de comenzar a incorporar criterios de sostenibilidad en las edificaciones. Este es un problema multi criterio que actualmente se basa más en la experiencia que en una aproximación numérica por la falta de disponibilidad formal de criterios y cuando se tienen en cuenta criterios de sostenibilidad, se les da prioridad a los aspectos relacionados con el impacto ambiental, sin considerar que la sostenibilidad debe integrar aspectos sociales, técnicos, ambientales y económicos.

Uno de los ejemplos en el que se intenta establecer una evaluación integral de una gama de consideraciones de sostenibilidad en construcciones es la certificación BREEAM.

Esta certificación fue el primer método establecido en 1990 en el Reino Unido y desde entonces una serie de certificaciones se han generado alrededor del mundo, no obstante, todas ellas si bien cuentan con criterios relacionados con el medio ambiente, tienen una evaluación limitada en lo que respecta a factores sociales o económicos; adicionalmente la mayoría de estas certificaciones están diseñadas

para nuevas edificaciones. Por otra parte, aunque la energía, el agua y el confort de los ocupantes son considerados en las herramientas de evaluación, se deja de lado los criterios asociados como durabilidad y costo durante el ciclo de vida. Es así como se identifica la necesidad de desarrollar un proceso de selección de materiales apropiados, que identifique y priorice criterios relevantes y pueda evaluar aspectos de tipo social, económico, ambiental y técnico.

En este sentido, se analizarán diferentes criterios a partir de las diferentes metodologías mencionadas anteriormente:

Los criterios pueden ser de diversas naturalezas el Centro de Investigación, Hábitat y Energía definió 4 clasificaciones de los mismos [75] el diseño, el ciclo de vida útil, el impacto del material en el tiempo, y sus atributos.

Es importante ver el diseño no solamente como la definición de la arquitectura del proyecto, sino como un desarrollo de su materialidad, hasta la definición completa de todos los sistemas que componen la construcción.

Los criterios relacionados con el ciclo de vida útil consideran el concepto de la minimización de los impactos asociados al cierre del ciclo de los materiales de tal manera que se vuelvan a incorporar como materia prima nuevamente para la generación de materiales, imitando los ciclos de la naturaleza que no son abiertos sino cerrados.

Durante las diferentes fases del ciclo de vida de materiales, es decir: extracción de recursos, transporte y fabricación, instalación, uso y desmontaje, se pueden tener en cuenta aspectos como: cantidad y tipo de materia prima usada para la elaboración del material (incorporación de materiales renovables, materiales reciclados, etc.), efectos en la salud, en el ambiente, etc., con el fin de determinar

cuáles son los impactos negativos acorde a la fase y así definir con claridad su mitigación.

8.5. **Actividades:** al igual que en la implementación de una vivienda tradicional, el proceso constructivo para una vivienda sostenible es el mismo, por lo tanto, se debe considerar las actividades preliminares, demoliciones, cimentación, estructura, muros, instalaciones eléctricas e hidráulicas, obras exteriores y acabados; donde su principal diferencia radica en minimizar el impacto ambiental generado, ya que desde la etapa preliminar se produce una huella al modificar el paisaje, que evidentemente es definitivo; por lo tanto requiere que desde la etapa de diseño se definan los procesos a desarrollar que ayude a optimizar los recursos en cada etapa del proceso constructivo.

8.6. **Ventajas de la Construcción sostenible:** La implementación de sistemas para la construcción de viviendas sostenibles generan un aporte importante al medio ambiente y a la calidad de vida de las personas que habitan estas construcciones. El reto como sector y país es que no sean solo los edificios, sino también las grandes obras de infraestructura, la construcción civil y los proyectos de Vivienda de Interés Social, los que incorporen, en sus diseños, construcción y operación, conceptos ambientales y sociales Comodidad visual y comodidad térmica: personas, medio ambiente y economía; son los principales objetivos de la construcción sostenible; logrando por medio de entornos agradables crear un ambiente positivo para la sociedad.

8.6.1. **Mejora la calidad del aire:** Las construcciones sostenibles buscan preservar el bienestar del ser humano al mejorar la calidad del aire interior mediante el

control de aperturas al exterior de la vivienda, permitiendo la ventilación natural, empleo de materiales ecológicos, entre otras prácticas.

- 8.6.2. Reducción del uso de energía: La reducción del uso de energía no consiste en disminuir las comodidades; por el contrario, se logra mediante prácticas como el modelado energético, diseño de las instalaciones eléctricas, correcta elección de luminaria, cristales y equipo mecánico, iluminación natural y el empleo de energías renovables.
- 8.6.3. Ahorro del agua: Existen diversas maneras para reducir el consumo de agua en una vivienda, con la finalidad de reducir costos e incrementar su calidad con una consciencia ambiental. La elección de accesorios de plomería eficientes, el reúso del agua, y recolección de agua lluvia son algunas prácticas que pueden ser empleadas para lograr este fin.
- 8.6.4. Materiales ambientalmente preferibles: La elección de los materiales de construcción tiene un gran impacto en el medio ambiente, además, de saber elegirlos, pueden contribuir a la reducción de costos e incremento del bienestar de los ocupantes. Se procura el uso de materiales regionales, rápidamente renovables, entre otras características.
- 8.6.5. Reducción de los residuos: Tanto en la etapa de construcción, como en la vida útil del edificio, se cuida el impacto que este tiene al medio ambiente. Se disminuyen los volúmenes de material desechado, enviándolo a lugares donde será reciclado o reutilizado.
- 8.6.6. Diversos estudios evidencian que los costos adicionales iniciales que implican las construcciones “verdes” se ven más que compensados durante su operación: hay menores costos, un mayor valor del edificio y de su canon de

arrendamiento, así como una mayor tasa de ocupación, que redundan en un mayor retorno de la inversión [76]

9. PROTOTIPO DE VIVIENDA

Para desarrollar este prototipo, se implementó una serie de técnicas de construcción que buscan desarrollar una vivienda más eficiente respecto a la energía, teniendo especial cuidado que se trata de una vivienda para clima cálido, donde los aspectos más importantes fueron, la ventilación e iluminación, la distribución de áreas, disposición de la cubierta y por último la elección de materiales.

9.1. Estrategias pasivas de diseño:

Las estrategias pasivas de diseño, hace referencia a los sistemas implementados en el diseño arquitectónico de una vivienda con el objetivo de obtener confort climático al interior de la misma, teniendo en cuenta diferentes factores como la orientación, el aprovechamiento de la iluminación natural al interior de la vivienda, el uso de energía solar y los diferentes procesos constructivos que involucren los recursos naturales [1]. Donde las principales son:

9.1.1. Iluminación natural:

Es importante tener en cuenta la orientación de la vivienda, lo cual permitirá la adecuada ubicación de las ventanas y tragaluces o claraboyas que se encargan de suministrar el ingreso de luz natural al interior de la vivienda, optimizando el uso de la misma y reduciendo el consumo de energía eléctrica en horas diurnas. [77].

La elección de la ventana se transforma así en una decisión de las más relevantes, debido a que por medio de ella se pueden presentar factores como ganancias solares, aumentando la temperatura al interior de la vivienda [2].

Para contar con suficiente iluminación, se propone instalar ventanales que se encuentren en armonía en los espacios y que aporten suficiente iluminación natural en toda la casa.

9.1.2. **Ventilación natural directa o cruzada:**

Esta es una característica de construcción que permite refrescar el interior de las viviendas reduciendo la temperatura ambiente, sin realizar consumo energético.

Esta estrategia se consigue mediante la ubicación de ventanas en ambos sentidos de la habitación, lo cual hace que se genere una corriente de aire entre las ventanas, logrando renovar el aire dentro de la misma y disminuir la temperatura; a raíz de lo anterior, la habitación principal cuenta con una ventana de 2.0 metros de ancho por 2.10 de alto enfrentada a la pared al interior del área del comedor y esta a su vez con la pared exterior del área del comedor, lo cual permite aprovechar las corrientes de aire al interior de la vivienda [78].

9.1.3. **Distribución de áreas:**

La distribución de las áreas juega un papel fundamental, ya que, con este prototipo, se busca reducir los niveles de consumo de energía, al implementar una serie de estrategias pasivas de diseño.

Por lo anterior, se realizó el diseño de una vivienda unifamiliar de un piso que consta de dos habitaciones, dos baños, sala, cocina, comedor y patio de ropas; este diseño está pensado para una familia de 4 personas; donde la distribución de la misma es fundamental al momento del aprovechamiento de la iluminación y ventilación natural.

9.1.4. **Disposición de la cubierta:**

Una cubierta, al igual que una fachada, no es en sí misma sostenible, pero sí se logra, a través de sus materiales y componentes, consiguiendo disminuir el consumo de energía tradicional de la vivienda durante su vida útil.

Por lo tanto, la sostenibilidad de una cubierta comienza mucho antes que la instalación de la misma en la vivienda; desde su diseño y concepción con criterios de eficiencia energética, hasta la elección de los materiales y sistemas que la integran, buscando el mejor comportamiento y el menor impacto ambiental [79].

Es importante la disposición de las cubiertas, ya que estas son las encargadas de proteger de los efectos mecánicos y la humedad causada por las lluvias.

En el Prototipo a implementar, encontramos que los espacios externos están protegidos del asoleamiento con sombra, mediante aleros.

Cualquier tipo de cubierta debe satisfacer las siguientes condiciones:

- Impermeabilidad.
- Resistencia.
- Durabilidad frente a las condiciones atmosféricas.
- Aislamiento térmico y acústico. [80]

La Cubierta será a dos aguas, donde el soporte estructural, que es el encargado de servir de apoyo a todas las capas que integran la cubierta dispuestas de tal manera que se reparten mecánica y estáticamente entre ellas, los esfuerzos resultantes del peso propio del tejado [3].

Para las correas se implementará madera de arrayán, considerado un material sostenible al encontrarse en la zona y las piezas serán empalmadas mediante platinas reforzadas. Todos los elementos de madera deberán ser cortados a máquina, encontrarse libres de nudos, insectos, perforaciones y otras imperfecciones y estar totalmente secos.

A continuación, se observa el despiece general de la estructura

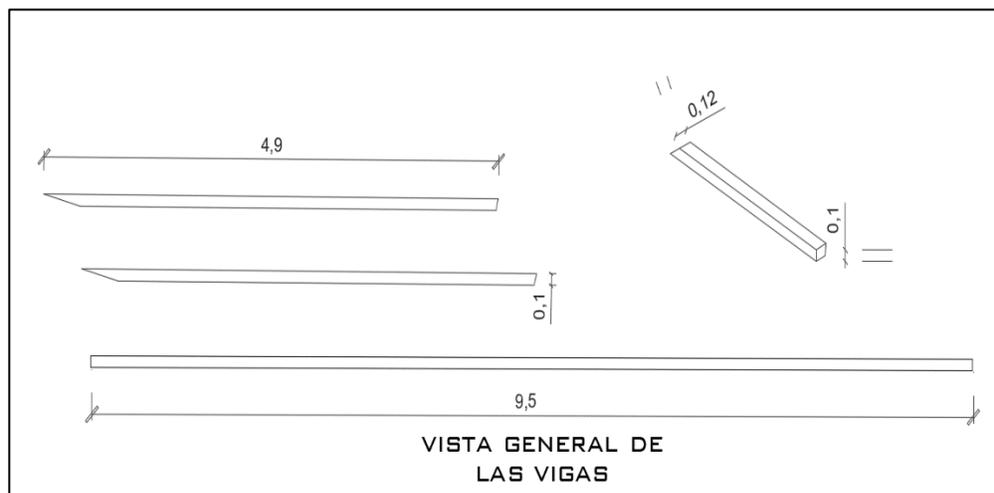


Ilustración 9: Vista General de las vigas

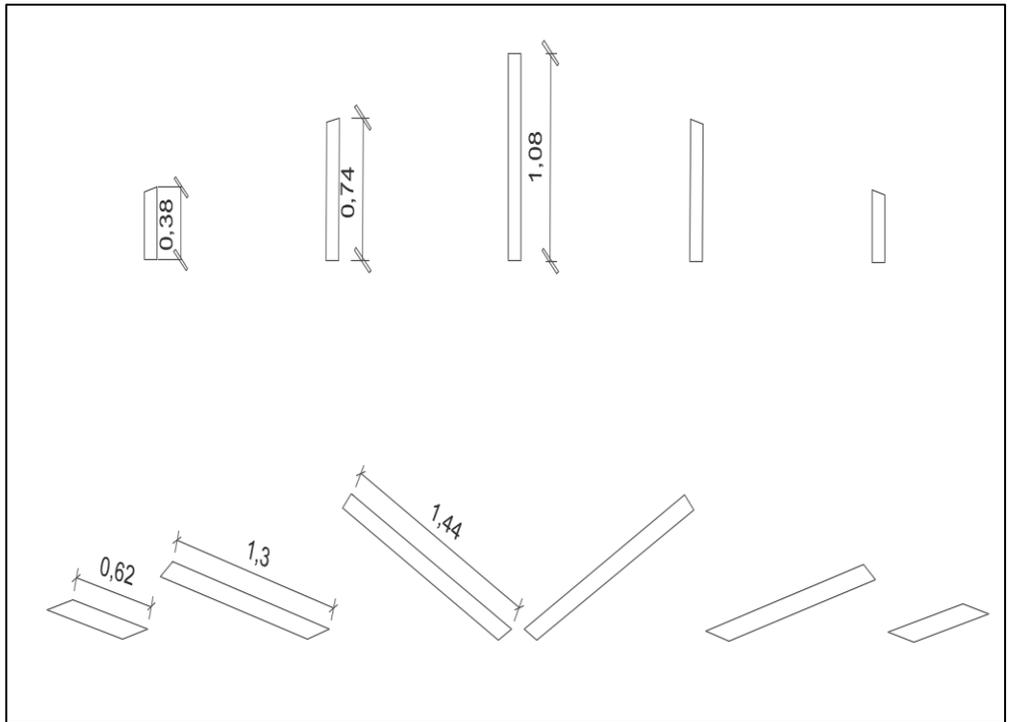


Ilustración 10: Vista General de puntales

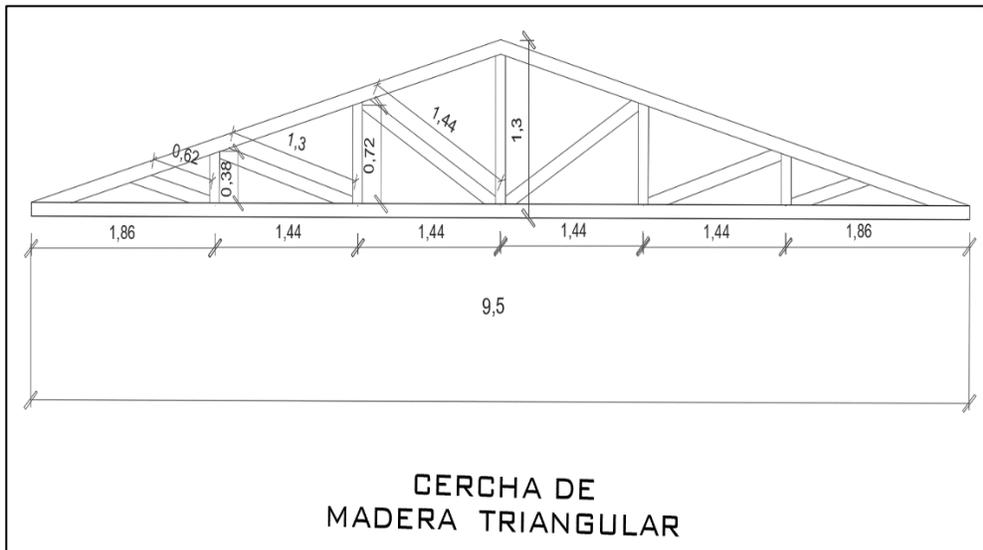


Ilustración 11: Detalle cercha de madera triangular

9.1.5. Elección de materiales:

La elección de los materiales es otro factor importante; para este prototipo de vivienda, se usará cerchas de madera de arrayan cubiertas con tejas termo acústicas de polialuminio, las cuales son una solución práctica y económica con características térmicas y acústicas adecuadas para clima cálido, que aísla entre 4°C y 8°C, ya que su principal componente es el reciclaje de los tres componentes de las cajas usadas de tetrapack, como son el plástico, aluminio y cartón, el cual es procesado y transformado en tejas, las cuales se encargan de disminuir la temperatura y el ruido al interior de viviendas, tiene alta resistencia a impactos y el aislamiento de temperaturas se da entre 8 y 10°, 4° más que una teja termo acústica convencional; su medida es de 0.92 cms x 2.20 cms [83].

En la selección de los materiales, se incluirá el bahareque encementado, el cual es un sistema estructural resistente, sólido y ambientalmente superior a otros sistemas de vivienda, al tener entre sus componentes materiales como la guadua o la madera, al ser obtenidas de fuentes sostenibles y locales [81].

Es necesario destacar que la madera y la guadua poseen gran capacidad aislante, que se calcula que puede llegar a ahorrar entre un 50-60% en aire acondicionado. Además, estas construcciones suelen realizarse más rápido y pueden llegar a ser hasta un 30% más baratas que opciones de ladrillo o concreto [82].

Este tipo de material al ser susceptible a los ataques de termitas, debe ser tratada con boro antes de ser instaladas, para protegerla de los ataques, con el

fin de asegurar la durabilidad, ya que este tipo de construcciones son durables, alcanzando, a través de un buen diseño, una vida de cerca de 50 años.

Así mismo, es necesario proteger la guadua y la madera de la humedad, para evitar que estos se pudra, por lo que es necesario que los voladizos del techo sean grandes para proteger la pared de la lluvia y que las conexiones de acero que se usen para anclar sean pintadas o galvanizadas, para evitar que la corrosión deteriore estos componentes.

10. RESULTADOS.

Como prototipo planteamos el diseño de una vivienda unifamiliar construida en bahareque encementado, madera, vidrio y tejas termo acústicas de polialuminio, que se implantara en el área rural del Municipio de Alvarado – Tolima, en un lote de 3465 m² en terreno plano, el cual al estar tan cerca de la ciudad de Ibagué, está proyectado como sitio de descanso; la cual consta de un piso con dos habitaciones, dos baños, sala, cocina, comedor y un patio de ropas, este diseño está pensado para una familia de 4 personas, que para suplir las necesidades básicas de servicios públicos, se pretende implementar para suministrar energía, un sistema de energía solar y en cuanto a la red de alcantarillado, un pozo séptico ; respecto al suministro de agua potable, se hace la conexión a la red municipal, la cual tiene cobertura en este sector. La propuesta contempla un método constructivo tradicional como lo es el bahareque, el cual ha sido mejorado por medio de materiales, conocimiento y técnicas constructivas modernas, dando paso al bahareque encementado, que se encarga de brindar confort térmico que, al ser combinado con amplios ventanales, se optimiza el

uso de la iluminación natural al interior de la vivienda. Minimizando el consumo de energía eléctrica durante las horas diurnas y permitiendo una ventilación natural, ya que al estar enfrentadas las ventanas se genera una corriente de aire, que se renueva al interior de la vivienda y disminuye la temperatura.

Para la implementación de la vivienda, se debe fundir zapatas de concreto y un soporte de concreto, lo cual será la base para elevar la estructura y protegerla de la humedad y del ataque de las termitas; este soporte debe ser reforzado y se sugiere que sea una viga de concreto reforzado, donde luego se agregará una membrana que lo impermeabilice para evitar que el marco de la estructura del bahareque encementado absorba humedad.

En cuanto a la estructura de pared, se usará columnas de guadua, previamente tratadas y unidas por pernos o tornillos, para instalar el bahareque encementado; el cual consiste en la fabricación de paredes construidas con un armazón de guadua o madera, cubierto con un pañete de mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre (malla de gallinero o venada), clavada en caña picada o esterilla que, a su vez, se clava sobre el armazón del muro; este sistema constructivo se utilizará tanto para los muros externos como internos.

Para el techo, las vigas serán de madera previamente tratadas para evitar el deterioro, las cuales serán unidas mediante pernos o tornillos y se instalará a dos aguas, donde se utilizará tejas termo acústicas de polialuminio, el cual es un material que se consigue a partir del reciclado de envases de tetrapack [2], lo cual lo convierte en un producto 100% sostenible; además este material cuenta con características térmicas y acústicas, haciéndolo adecuado para clima cálido, al aislar entre 4°C y 8°C. [83].

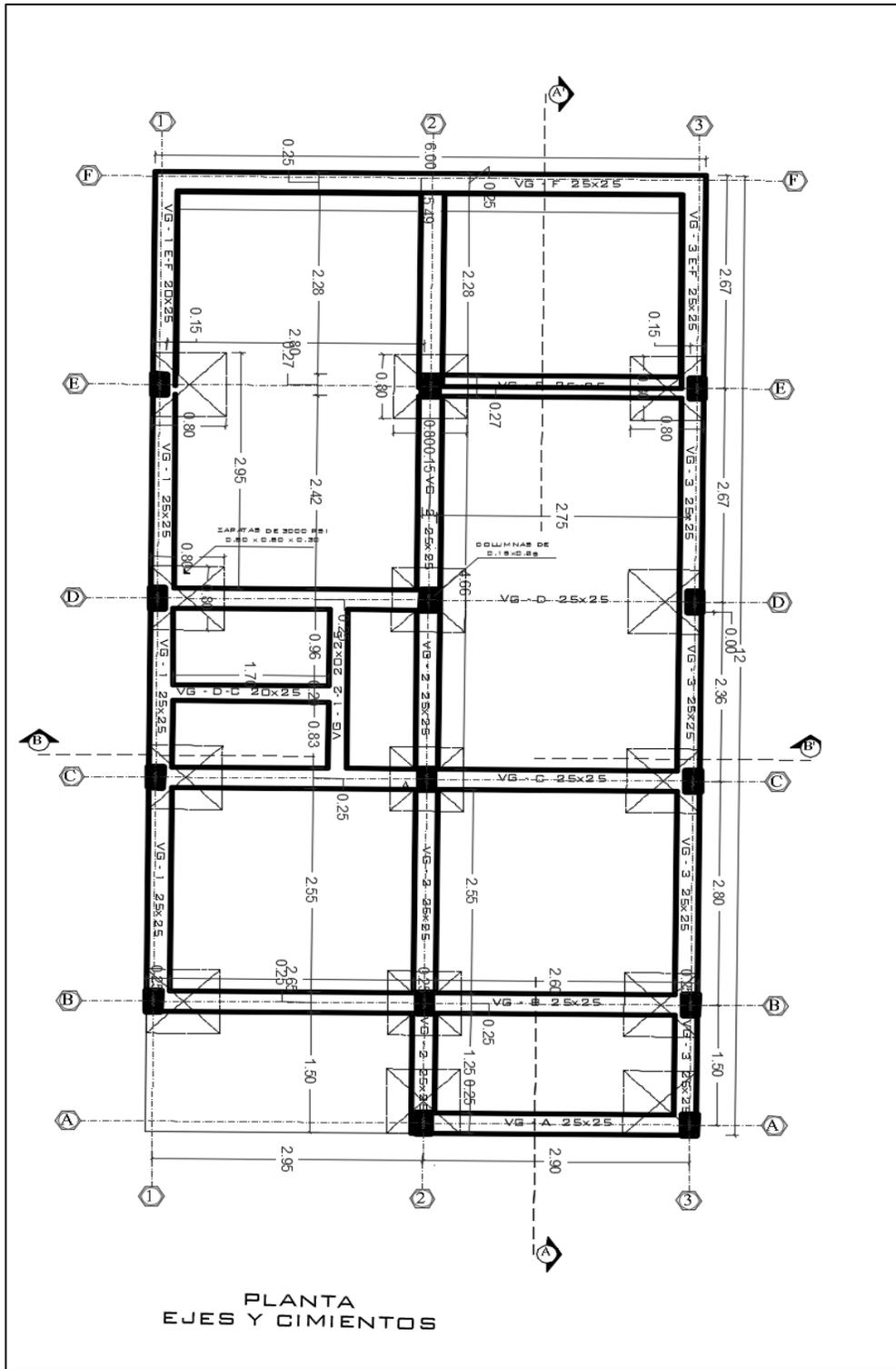


Ilustración 4: Planta Ejes y Cimientos

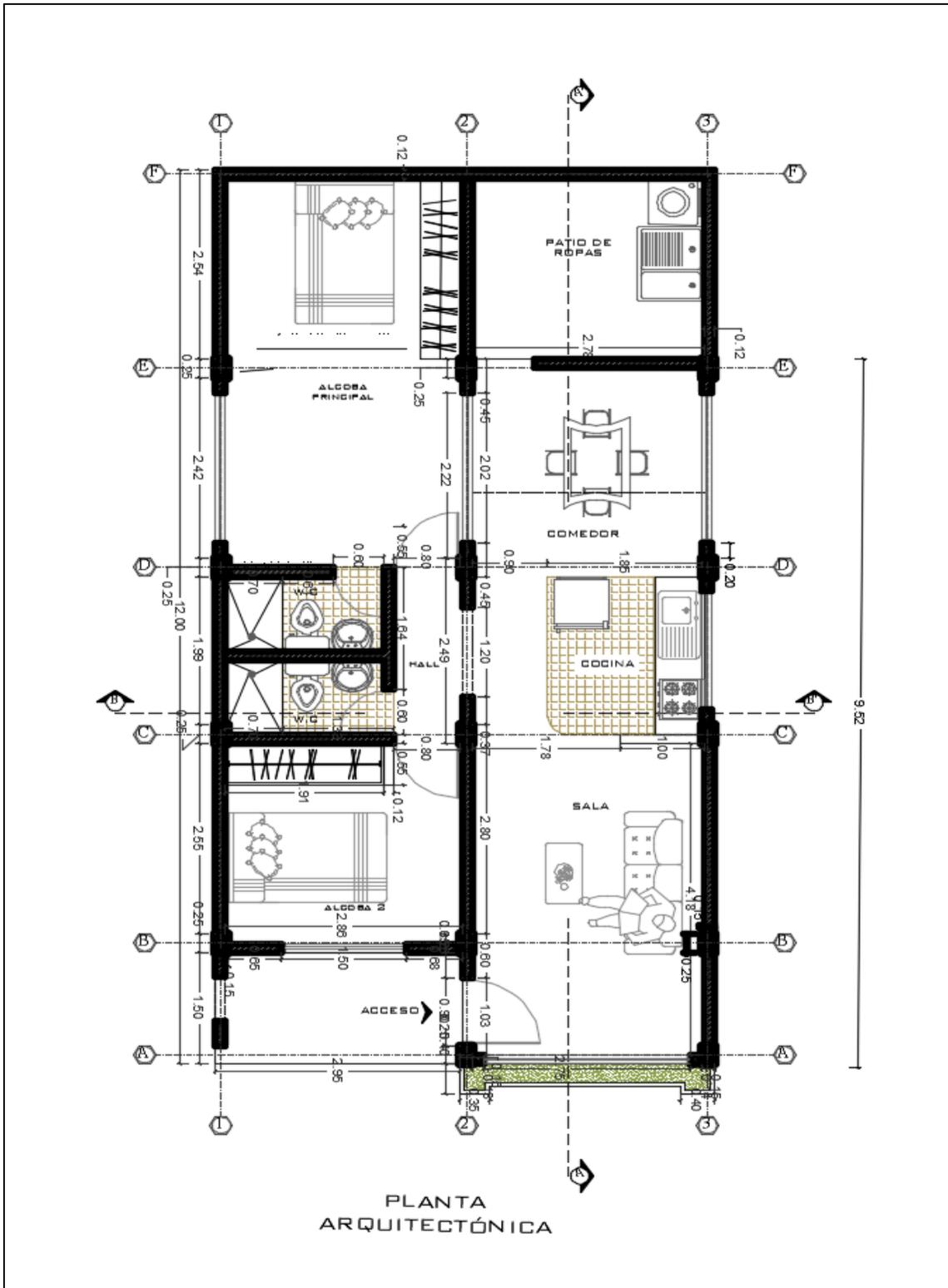


Ilustración 5: Planta Arquitectónica

11. CONCLUSIONES

Se puede concluir de la anterior investigación, que la población en general, se encuentra preocupada por la preservación del medio ambiente y por minimizar el impacto causado durante el proceso constructivo de las diferentes edificaciones.

Es por ello, que tanto el Marco legal Internacional como el Nacional cuenta con suficientes políticas relacionadas con el tema de vivienda sostenible, donde en Colombia el Código de Construcción juega un papel muy importante al fomentar la implementación de prácticas que permitan el ahorro de agua y energía en edificaciones nuevas, así como garantizar índices de confort acústico, una correcta disposición de residuos de construcción y demolición (RCD) y la apropiada implantación paisajística de los proyectos.

En este trabajo de investigación se pretende que, en la construcción de viviendas rurales sostenibles, se implementen criterios ecológicos y buenas prácticas en el proceso de diseño, los cuales consisten en proteger y conservar el agua, minimizar el consumo de energía y de los recursos naturales utilizando materiales y sistemas de construcción amigables con el medio ambiente.

Con este trabajo se dio respuesta a interrogantes como, ¿qué significa Construcción sostenible? Y con ello se logró identificar los parámetros básicos que debe tener una vivienda sostenible y poder generar un modelo para brindar soluciones de vivienda rural adecuadas para la habitabilidad, ofreciendo un prototipo que se ajusten a los contextos geográficos y ambientales en la Vereda La Palmita del Municipio de Alvarado – Tolima; demostrando la importancia de la correcta selección de materiales acorde a sus características, las cuales a

largo plazo redundan en beneficios para los habitantes de este tipo de viviendas, al hacer de ellas lugares más confortables, con ahorros significativos tanto en el consumo de agua como de energía, lo cual influye notablemente en la calidad del ambiente interior de dichas viviendas.

1. Bibliografía

[1 Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca , «Plan de Gestión Ambiental Regional PGAR] 2012-2023,» 2012.

[2 OXFAM Intermón, 19 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://blog.oxfamintermon.org/los-7-problemas-del-medio-ambiente-mas-graves/>.

- [3 Organización Mundial de la Salud, 2018 Mayo 2018. [En línea]. Available:
] [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health).
- [4 «El planeta entra en sobregiro,» 08 Agosto 2016. [En línea]. Available:
] <http://wwf.panda.org/?275230/El-planeta-entra-en-sobregiro>. [Último acceso: 11 Septiembre 2019].
- [5 EMPRESAS PUBLICAS DE MEDELLIN, «Mis consumos en el hogar,» [En línea]. Available:
] https://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/clientes-y-usuarios/empresas/energ%C3%ADa/grandes-empresas/tips-para-el-uso-inteligente. [Último acceso: 11 Septiembre 2019].
- [6 Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda, «Consejos para reducir tus emisiones de gases de efecto invernadero,» 30 Abril 2018. [En línea]. Available:
] <https://www.euskadi.eus/informacion/consejos-para-reducir-tus-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero/web01-a2ingkli/es/>. [Último acceso: 11 Septiembre 2019].
- [7 We are Water Foundation, «Reducir las emisiones de CO2, principal objetivo planetario,» 08 Julio 2016. [En línea]. Available: https://www.wearewater.org/es/reducir-las-emisiones-de-co2-principal-objetivo-planetario_273571. [Último acceso: 11 Septiembre 2019].
- [8 J. F. A. García, «Modelo de vivienda sostenible para el área rural del Cerro Alux,» San Pedro Sacatepéquez, Guatemala, 2013.
- [9 Conaltura, «4 preguntas cuya respuesta es Sí en vivienda sostenible,» [En línea]. Available:
] <https://blog.conaltura.com/vivienda-sostenible-colombia>. [Último acceso: 20 Junio 2019].
- [1 D. B. A. NÚÑEZ, «Modelo Integrado de valor para estructuras sostenibles,» Barcelona, 2005. 0]
- [1 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2019, «Estos son los compromisos ambientales 1] de Colombia en los Objetivos de Desarrollo Sostenible,» 2018 16 Marzo. [En línea]. Available:
] <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/3679-estos-son-los-compromisos-ambientales-de-colombia-en-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible>. [Último acceso: 09 Septiembre 2019].
- [1 G. I. d. E. s. e. C. Climático, «Informe especial sobre fuentes de energía renovables y mitigación 2] del cambio climático,» 2011.
- [1 Cubrepack, 2015 Noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://www.cubrepack.com.mx> . 3] [Último acceso: 19 Julio 2019] .
- [1 S. G. N. E. R. O. P. & M. W. Milad, «The Investigation of the Barriers in Developing Green 4] Building in.,» Canadian Center of Science and Education, 2013.
- [1 L. A. V. L. A. ., C. P. R. & B. M. Téllez, «Situación de la Edificación Sostenible en América Latina,» 5] 2014.

- [1 «Arquitectura Panamericana.com,» 24 Agosto 2017. [En línea]. Available:
6] <http://arquitecturapanamericana.com/programa-habitacional-paraisopolis-de-brasil/>. [Último acceso: 19 Julio 2019].
- [1 Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, «Informe especial sobre
7] fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático,» 2011.
- [1 Secretaría de Energía de México, «Primera Estrategia de Transición para promover el uso de
8] tecnologías y combustibles más limpios,» México, 2016.
- [1 Ministerio de Vivienda, «Plan de Acción Sectorial de Mitigación para el sector vivienda y
9] desarrollo territorial,» Bogotá, 2014.
- [2 M. d. I. O. L. H. S. J. L. C. M. C. P. Armando Corredor, «Productos analíticos para apoyar la toma
0] de decisiones sobre acciones de mitigación a nivel sectorial: Curvas de abatimiento para
Colombia,» Bogotá, 2014.
- [2 «Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones,» Bogotá,
1] 2010.
- [2 L. R. Potes, «Arquitectura y urbanismo sostenible en Colombia,» *Bitacora* 28, pp. 19-26, 2018.
2]
- [2 Consejo Nacional de Política Económica y Social ,Departamento Nacional de Planeación ,
3] «Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en
Colombia,» Bogotá, 2015.
- [2 C. F. C. M. d. P. B. L. Roberto Hernández Sampieri, Metodología de la Investigación - sexta
4] edición, México, 2014.
- [2 M. G. A. Giraldo, «Incidencia de los costos de prevención del Sistema de Gestión de Seguridad y
5] Salud en el Trabajo (SG-SST) en el presupuesto general de una edificación en el Valle de
Aburrá,» Medellín, Colombia, 2016.
- [2 J. N. G. José Luis Peraza Velandia, «Estudio de los sistemas sostenibles implementados en la
6] construcción de vivienda unifamiliar en la ciudad de Bogotá.,» Bogotá, 2014.
- [2 P. C. J. G. S. Villalvazo. [En línea]. Available: 2019.
7]
- [2 J. Machicado, «Apuntes Jurídicos,» [En línea]. [Último acceso: 29 Junio 2019].
8]
- [2 «Forestal Maderero,» ¿Qué es el Informe Brundtland?, 2018. [En línea]. Available:
9] <https://www.forestmaderero.com/articulos/item/que-es-el-informe-brundtland.html>. [Último acceso: 15 Julio 2019].

[3 «Observatorio del Principio 10 en América Latina y el Caribe,» [En línea]. Available:
0] <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-viena-la-proteccion-la-capa-ozono>.
[Último acceso: 29 Junio 2019].

[3 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, «Protocolo de Montreal,» [En línea].
1] Available: <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development/environment-and-natural-capital/montreal-protocol.html>. [Último acceso: 29
Junio 2019].

[3 Gobierno del Principado de Asturias, «Red Ambiental de Asturias,» [En línea]. Available:
2] <http://movil.asturias.es/portal/site/medioambiente/menuitem.1340904a2df84e62fe47421ca6108a0c/?vgnextoid=0efe984cd97b3210VgnVCM10000097030a0aRCRD&vgnnextchannel=fd90d77bacc1c110VgnVCM1000006a01a8c0RCRD&i18n.http.lang=es>. [Último acceso: 5 Julio 2019].

[3 Minambiente, [En línea]. Available: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/convencion-marco-de-naciones-unidas-para-el-cambio-climatico-cmnucc/protocolo-de-kioto>. [Último
acceso: 29 Julio 2019].

[3 Congreso de Colombia, «Ley 23,» Bogotá, 1973.
4]

[3 Presidencia de la República de Colombia, «Decreto 2811,» Bogotá, 1974.
5]

[3 Congreso de la República de Colombia, «Ley 9,» Bogotá, 1979.
6]

[3 Ministerio de Salud, «Resolución 8321,» Bogotá, 1983.
7]

[3 Ministerio de Medio Ambiente, «Ley 99,» Bogotá, 1993.
8]

[3 Congreso de la República de Colombia, «Ley 143,» Bogotá, 1994.
9]

[4 Ministerio del Medio Ambiente, «Resolución 541,» Bogotá, 1994.
0]

[4 Ministerio del Medio Ambiente, «Decreto 948,» Bogotá, 1995.
1]

[4 Congreso de la República de Colombia, «Ley 373,» Bogotá, 1997.
2]

[4 Congreso de la República, «Ley 388 - Artículo 5,» Bogotá, 1997.
3]

[4 Presidencia de la República de Colombia, «Decreto 3102,» Bogotá, 1997.
4]

[4 Presidencia de la República de Colombia, «Decreto 1052,» Bogotá, 1998.
5]

[4 Congreso de la República de Colombia, «Ley 697,» Bogotá, 2001.
6]

[4 Presidencia de la República de Colombia, «Decreto 1713,» Bogotá, 2002.
7]

[4 Presidencia de la República de Colombia, «Decreto 1713,» Bogotá, 2002.
8]

[4 Departamento Nacional de Planeación, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo
9] Territorial, Ministerio de Hacienda y Crédito Público, «Conpes 3343,» Bogotá, 2005.

[5 Ministerio de Minas y Energía, «Decreto 2501,» Bogotá, 2007.
0]

[5 Congreso de la República de Colombia, «Ley 1259,» Bogotá, 2008.
1]

[5 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial República de Colombia, «Politica de
2] Gestión Ambiental Urbana,» Bogotá, 2008.

[5 Ministerio de Interior y de Justicia, «Decreto 3695,» Bogotá, 2009.
3]

[5 Presidencia de la República de COlombia, «Decreto 1469,» Bogotá, 2010.
4]

[5 Presidencia de la República , Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Agenda 21,»
5] Bogotá, 2012.

[5 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Criterios Ambientales para el Diseño y
6] COonstrucción de Vivienda Urbana,» Bogotá, 2012.

[5 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio y la Corporación Financiera Internacional (IFC), «Guía
7] de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones,» Bogotá, 2013.

[5 Consejo Nacional de Política económica y social, «Conpes 3819: Política Nacional para
8] consolidar el Sistema de Ciudades en COlombia,» Bogotá, 204.

[5 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, «Decreto 1285,» Bogotá, 2015.
9]

[6 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, «Resolución 0549,» Bogotá, 2015.
0]

[6 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, «Resolución 472,» Bogotá, 2017.
1]

[6 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Corporación Financiera Internacional (IFC), «Anexo
2] 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones,» Bogotá,
2011, p. 2.

[6 C. E. S. Gama, «La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas,»
3] *Apuntes vol.20*, pp. 242-255.

[6 «Construir una casa ecológica,» 06 Julio 2017. [En línea]. Available:

4] <http://construirunacasaecologica.com/casas-ecologicas/materiales-para-construir-una-casa-ecologica-2>.

[6 M. M. V. Quispe, «Plan de Negocios para la fabricación y comercialización de ladrillos ecológicos
5] en Lima metropolitana,» Lima - Perú, 2015.

[6 N. L. A. Ortiz, «Líneas Guía de la Bioconstrucción,» Faenza, Italia , 2007.
6]

[6 C. E. P. A. P. L. Josep María González Barroso, «Construcción con tierra: Análisis, conservación y
7] mejora. Un caso práctico en Senegal,» Barcelona, 2016.

[6 A. L. D. T. Sebastian Kaminski, «Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado,»
8] INBAR, 2016.

[6 Construir una casa ecológica, «Materiales para construir una casa ecológica,» 6 julio 2017. [En
9] línea]. Available: <http://construirunacasaecologica.com/casas-ecologicas/materiales-para-construir-una-casa-ecologica-2>.

[7 «BAMBUSA.es,» [En línea]. Available: <https://bambusa.es/caracteristicas-del-bambu/bambu-0-guadua/>. [Último acceso: 12 06 2019].

[7 C. L. L. R. J. E. A. R. Mathieu Queiros, «Bambulosa: un sistema constructivo prefabricado
1] innovador y sustentable para losas y cubiertas a partir de viguetas de bambú presforzadas,»
México.

[7 S. P. Urueña, «Iluminación con tecnología tipo Led,» Bogotá, 2012.
2]

[7 Otero, «Que es la construcción sostenible,» 22 Junio 2017. [En línea]. Available:
3] <https://www.construccionesotero.com/5-caracteristicas-de-la-construccion-sostenible/>.

[7 E. & P. O. P. O. Akadiri, «Design of A Sustainable Building: A Conceptual Framework for
4] Implementing Sustainability in the Building Sector,» de *Buildings*, 2012, pp. 127 - 147.

[7 M. E. & S. Schiller, «La selección de materiales de construcción con criterios de sustentabilidad 5] como interfase en el proceso proyectual. Septimo encuentro,» 2013, pp. 1008 - 1011.

[7 En Obra, «Las ventajas de la construcción sostenible,» 05 Julio 2018. [En línea]. Available: 6] <https://en-obra.com/page/2/?s=ventajas+de+la+construccion+sostenible>. [Último acceso: 17 Abril 2019].

[7 J. D. Cusa, «Energía solar para viviendas,» Barcelona, España, 1991.
7]

[7 V. Vilssa, «Estrategias de ventilación, ventilación natural, ventilación cruzada,» 19 Abril 2013.
8] [En línea]. Available: <http://vilssa.com/ventilacion-natural-ventilacion-cruzada>. [Último acceso: 14 Septiembre 2019].

[7 Renueva tu tejado, «Cubiertas Sostenibles, ¿Qué Debo De Tener En Cuenta En Su Diseño?,» 1
9] Febrero 2019. [En línea]. Available: <https://quierorenovareltejado.com/cubierta-plana/cubiertas-sostenibles-que-debo-de-tener-en-cuenta-en-su-diseno/>. [Último acceso: 14 Septiembre 2019].

[8 CONSTRUMATICA - Metaportal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción , [En línea]. Available:
0] https://www.construmatica.com/construpedia/Tecnolog%C3%ADa_de_la_Construcci%C3%B3n._Cubiertas:_Funciones_de_las_Cubiertas. [Último acceso: 14 Septiembre 2019].

[8 A. L. D. T. Sebastian Kamisnki, «Guía de diseño para vivienda de bahareque encementado.,»
1] INBAR, 2016.

[8 «Structuralia,» 12 Marzo 2019. [En línea]. Available: <https://blog.structuralia.com/materiales-2>
2] [empleados-en-la-construccion-sostenible](https://blog.structuralia.com/materiales-2). [Último acceso: 14 Septiembre 2019].