



Análisis de viabilidad del proceso de construcción de muros con botellas plásticas tipo PET que sirva para el mejoramiento de la infraestructura física de las viviendas de familias de escasos recursos en la comunidad del municipio del Bagre –Antioquia

Andrés Felipe Díaz Garrido

ID: 769411

Carolina Escobar Hoyos

ID: 751263

Jorge Luis Gordillo Rivera

ID:775068

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Antioquia y Chocó

Sede Aburra Sur (Antioquia)

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

mayo de 2021

Análisis de viabilidad del proceso de construcción de muros con botellas plásticas tipo PET que sirva para el mejoramiento de la infraestructura física de las viviendas de familias de escasos recursos en la comunidad del municipio del Bagre –Antioquia

Andrés Felipe Díaz Garrido

ID: 769411

Carolina Escobar Hoyos

ID: 751263

Jorge Luis Gordillo Rivera

ID:775068

Monografía presentada como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor(a)

Milton Esteban Sierra Cadavid

Magister en gestión de ciencia, tecnología e innovación

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Antioquia y Chocó

Sede Aburra Sur (Antioquia)

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

mayo de 2021

## **Análisis de viabilidad del proceso de construcción de muros con botellas plásticas tipo PET que sirva para el mejoramiento de la infraestructura física de las viviendas de familias de escasos recursos en la comunidad del municipio del Bagre –Antioquia**

### **Resumen**

El presente estudio, tiene como finalidad evaluar la viabilidad de la implementación de muros por medio de botellas PET en el municipio del Bagre -Antioquia por medio de una caracterización del déficit cualitativo de las viviendas de la comunidad, con el fin de optimizar recursos reciclables que terminan como desperdicios y que pueden ser aprovechados de manera positiva por medio del mejoramiento de la infraestructura de los hogares de familias de escasos recurso y en la disminución de agentes contaminadores al ambiente.

Desde un modelo gerencial por procesos, se busca evaluar distintos componentes: económicos, sociales y técnicos que sirven de sustento técnico para incluir la metodología ECO-TEC como alternativa a los sistemas constructivos tradicionales, enfatizando en la economía, el confort y el aporte ecológico.

### **PALABRAS CLAVES**

Botellas PET, Infraestructura, Mampostería, Sistema Constructivo y Hacinamiento.

### **ABSTRACT**

The present study aims to evaluate the viability of the implementation of walls using PET bottles in the municipality of Bagre-Antioquia through a characterization of the qualitative deficit of the community's dwellings. The aforementioned is carried out to optimize recyclables resources that end up as waste, and that can be used positively through the improvement of the

dwellings' infrastructure of low-income families and in the reduction of pollutants to the environment.

From a manageable model by processes, the purpose is to evaluate different components such as economic, social, and technical issues that work as technical support to include the ECO-TEC methodology as an alternative to traditional construction systems, emphasizing the economy, comfort, and ecological contribution.

### **KEYWORDS**

Construction system, Infrastructure, Masonry, Overcrowding and PET bottles.

## Índice

Resumen	
Introducción	
<i>Capítulo 1</i>	3
<i>Planteamiento del problema</i>	3
1.1 <i>Descripción del problema</i>	3
1.2 <i>Formulación del problema</i>	4
1.3 <i>Justificación</i>	4
1.4 <i>Objetivos</i>	5
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
<i>Capítulo 2</i>	7
<i>Marco Referencial</i>	7
2.1 <i>Marco conceptual</i>	7
2.2 <i>Marco contextual</i>	9
2.3 <i>Marco legal</i>	12
2.4 <i>Marco teórico</i>	14
<i>Capítulo 3</i>	16
<i>Diseño metodológico</i>	16
3.1 <i>Línea de investigación institucional</i>	16
3.2 <i>Eje temático</i>	16
3.3 <i>Enfoque de investigación y paradigma investigativo</i>	16
3.4 <i>Diseño</i>	17
3.5 <i>Alcance</i>	17
3.6 <i>Población</i>	18
3.7 <i>Tamaño de muestra</i>	18
3.8 <i>Fuentes, Técnicas e instrumentos de recolección de información y datos</i>	20
3.9 <i>Análisis y tratamiento de datos</i>	21
<i>Capítulo 4</i>	22
<i>Resultados y discusiones</i>	22
4.1 <i>Diagnostico social de veredas del municipio del bagre Antioquia</i>	22
4.1.1 <i>Número de personas por vivienda</i>	23
4.1.2 <i>SISBEN</i>	25
4.1.3 <i>Predios en zonas de alto riesgo</i>	26
4.1.4 <i>Distancia del casco urbano</i>	27
4.1.5 <i>Infraestructura física de las viviendas</i>	28
4.1.6 <i>Importancia de la implementación de modelos constructivos de mampostería no tradicional</i>	31
4.2 <i>Procedimiento matriz de priorización</i>	32
4.2.1 <i>Procesos constructivos y materiales utilizados</i>	34
4.2.2 <i>Dimensionamiento de la mampostería estructural</i>	35
4.2.3 <i>Dimensionamiento sistema constructivo Eco-Tec</i>	42
4.2.4 <i>Dimensionamiento híbrido (sistema constructivo Eco-Tec con refuerzo estructural)</i>	45

4.2.5	<i>Dimensionamiento y análisis de muros en madera</i> .....	46
4.2.6	<i>Matriz de priorización y análisis técnico – económico.</i> .....	48
4.3	<i>Estrategia de divulgación</i> .....	50
4.3.1	<i>Etapas de la Estrategia de Divulgación</i> .....	51
4.3.2	<i>Presupuesto, cronograma de actividades y flujo de inversión</i> .....	54
Capítulo 5	.....	62
5.1	<i>Conclusiones</i> .....	62
5.2	<i>Recomendaciones</i> .....	63
Referencias	.....	64
Apéndices	.....	66
Anexos	.....	67

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Promedio de Miembros del Hogar por Vereda Encuestada</i> .....	24
<b>Tabla 2</b> <i>Espesores Mínimos Nominales para Muros Estructurales en Casas de Unoy Dos Pisos</i> .....	37
<b>Tabla 3</b> <i>Presupuesto Construcción Muro en Mampostería Estructural</i> .....	41
<b>Tabla 4</b> <i>Presupuesto Construcción Muro ECO-TEC sin Refuerzo</i> .....	44
<b>Tabla 5</b> <i>Presupuesto Construcción Muro ECO-TEC con Refuerzo Estructural</i> .....	46
<b>Tabla 6</b> <i>Presupuesto de Construcción Muro en Madera</i> .....	47
<b>Tabla 7</b> <i>Matriz de Priorización y Análisis Técnico-Económico</i> .....	49
<b>Tabla 8</b> <i>Presupuesto Estrategia de Divulgación</i> .....	55
<b>Tabla 9</b> <i>Flujo de Inversión de Estrategia de Socialización</i> .....	60

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Tamaño de la muestra</i> .....	19
<b>Figura 2</b> <i>Formato Ficha Técnica Verificación Cualitativa de Hogares</i> .....	20
<b>Figura 3</b> <i>Cantidad de Encuestas por Vereda</i> .....	23
<b>Figura 4</b> <i>Promedio de Miembros del Hogar por Vereda Encuestada</i> .....	24
<b>Figura 5</b> <i>Porcentaje de Hogares Afiliados al SISBEN</i> .....	25
<b>Figura 6</b> <i>Hogares Afiliados al SISBEN en Cada Vereda</i> .....	26
<b>Figura 7</b> <i>Predio en Zona de Alto Riesgo</i> .....	27
<b>Figura 8</b> <i>Distancia del Casco Urbano</i> .....	28
<b>Figura 9</b> <i>Viviendas con Unidad Sanitaria</i> .....	29
<b>Figura 10</b> <i>Material de los Muros</i> .....	29
<b>Figura 11</b> <i>Material de las Cubiertas</i> .....	30
<b>Figura 12</b> <i>Material de los Pisos</i> .....	31
<b>Figura 13</b> <i>Zonas de Amenaza Sísmica y Movimiento Sísmicos de Diseño</i> .....	36
<b>Figura 14</b> <i>Diseño de la Cimentación</i> .....	38
<b>Figura 15</b> <i>Diseño de las Columnas</i> .....	39
<b>Figura 16</b> <i>Diseño de las Vigas de Confinamiento</i> .....	40
<b>Figura 17</b> <i>Diseño de Mampostería Estructural</i> .....	41
<b>Figura 18</b> <i>Diseño Muro con Sistema Constructivo Eco-Tec</i> .....	44
<b>Figura 19</b> <i>Diseño Muro Híbrido (Sistema Constructivo Eco-Tec con Refuerzo Estructural)</i> .....	45
<b>Figura 20</b> <i>Diseño de Muro en Madera Usualmente Utilizado</i> .....	47
<b>Figura 21</b> <i>Etapas de la Estrategia de Divulgación</i> .....	51
<b>Figura 22</b> <i>Diagrama de GANT de Estrategia de Socialización</i> .....	57
<b>Figura 23</b> <i>Curva S del Flujo de Inversión de la Estrategia de Divulgación</i> .....	61

## Introducción

La presente investigación busca analizar la problemática habitacional del municipio del Bagre Antioquia, esto debido a la desigualdad, pobreza y situación coyuntural de la zona que no ha permitido garantizar un desarrollo cualitativo en las viviendas. La falta de soluciones integrales y el poco apoyo por entidades estatales a las soluciones habitacionales, permite que se pueda generar una variante de solución, por medio de la optimización de recursos que comúnmente son desechados. Conociendo la situación anteriormente descrita, es que se busca la viabilidad de implementar esta nueva metodología constructiva como alternativa de los sistemas constructivos tradicionales, empleando las botellas tipo PET recicladas para el mejoramiento de la infraestructura física de las viviendas de la población objetivo del municipio del bagre Antioquia.

Para el desarrollo, se tendrá como eje central en el análisis cuantitativo de las diferentes características socioeconómicas de la población objetivo, con el fin de realizar un diagnóstico inicial de cada una de las viviendas y/o familias del área rural del municipio, donde el acceso a una vivienda digna ha sido una de las grandes problemáticas que ha sufrido la comunidad.

Posteriormente se evalúa el sistema constructivo comúnmente utilizado en el sector y se compara frente a las metodologías tradicionales, como también a la nueva solución que se plantea en este proyecto; obteniendo resultados técnicos y económicos que permitan evidenciar la efectividad y viabilidad del proceso constructivo que se desea implementar en esta comunidad. Dicho proceso, tiene como material base las botellas PET y su metodología de construcción es una iniciativa que se ha llevado a cabo en otros países y se le atribuye al ecologista Andreas Froese, quien tecnificó esta idea de poder reutilizar este material para

lograr la construcción de muros ECO-TEC totalmente adecuados y funcionales logrando resultados asertivos en las características básicas de una mampostería alternativa completamente impermeable, térmica, resistente a la afectación del cambio climático y la reducción en costos de elaboración.

Posteriormente a los análisis de caracterización de viviendas y desarrollo técnico de los procesos constructivos y con el fin de acercar a la comunidad del Bagre a la metodología constructiva ECO-TEC, se desarrolla una estrategia de divulgación, en la cual se presentan los procesos, recursos económicos y personal operativo necesario para implementar acciones de socialización, las cuales podrán usarse en una siguiente fase de la presente investigación; sin embargo, se resalta que el presente proyecto no desarrolla una etapa operativa de dicha estrategia de divulgación, por lo que no se permite medir la aceptabilidad de la nueva metodología constructiva que se pretende viabilizar.

## **Capítulo 1**

### **Planteamiento del problema**

#### **1.1 Descripción del problema**

Los habitantes del municipio del Bagre – Antioquia presentan una calidad de vida baja, pues en su mayoría no cuentan con una vivienda digna, hay problemas de hacinamiento, salubridad, y dificultades en el acceso a una alimentación de calidad. Generalmente los predios de los hogares presentan una infraestructura deficiente, estos son construidos con materiales no idóneos, la mayoría de las casas se elaboraron de forma artesanal y su infraestructura no asegura las necesidades básicas; teniendo como base un déficit cualitativo de vivienda del 60,2% a nivel municipal según (Alcaldía Municipal del Bagre, 2020 - 2023). Los materiales usualmente utilizados en las viviendas son la madera, el barro y plásticos, estos se apropian de fachadas y divisiones internas que generan vulnerabilidad, debido al uso inadecuado de procesos constructivos los cuales no garantizan espacios aptos para la ocupación de estos.

Teniendo en cuenta que el 17% de la población se encuentra en estado de pobreza extrema y el 13% cuentan con necesidades de acceso a la vivienda (Alcaldía Municipal del Bagre, 2020 - 2023), se adiciona la dificultad de adquirir materiales de construcción de mayor durabilidad por sus elevados costos de transporte que son consecuencia del mal estado de las vías terciarias que existen para llegar a la población, lo que influye directamente en el valor final de dichos materiales. En este sector otra dificultad es el valor de mano de obra calificada y las afectaciones económicas del sector agropecuario pues estas no han permitido generar dinámicas de desarrollo de viviendas dignas para los habitantes del municipio.

## **1.2 Formulación del problema**

Debido a las dificultades económico-sociales que se evidencian en gran parte del país y en especial en los habitantes de las zonas urbanas y rurales del municipio del bagre Antioquia, se ve la necesidad del aprovechamiento y la reutilización de los residuos plásticos como los son las botellas tipo PET. Por lo cual se hace primordial pensar en la posibilidad de ¿La implementación de la construcción de muros con botellas plásticas tipo PET servirá para el mejoramiento de la infraestructura física de las viviendas de familias de escasos recursos en la comunidad del municipio del Bagre –Antioquia, mediante la evaluación técnica, económica y social del entorno?

## **1.3 Justificación**

El colombiano promedio consume alrededor de 24 kilos anuales de plásticos, lo que implica un consumo aproximado por año de 1.250.000 toneladas de plástico a nivel mundial, de igual manera el 74% de envases se disponen en rellenos sanitarios (GREENPEACE, 2018) desaprovechando el potencial de obtener materia prima gratuita para la adecuación de muros, la cual es viable en el mundo moderno; este aprovechamiento del recurso reciclable disminuiría el déficit cualitativo de las viviendas en el municipio del bagre y permitiría implementar nuevas prácticas constructivas con el fin de ayudar al medio ambiente optimizando la disposición final de botellas PET.

La implementación de este tipo de muros por medio de botellas PET tendría como resultado la obtención de mampostería duradera por su largo tiempo de degradación ambiental; adicionalmente, estas pueden ser combinadas con materiales comunes de fácil acceso tales como la madera, la arena y mallas galvanizadas, obteniendo así una mampostería de mayor solidez y

resistente, la cual se hace posible mediante una construcción ecológica que aprovecha este material como insumo principal en la inclusión de una nueva metodología constructiva.

Según el alemán Andreas Froese, quien tecnificó la idea de construir con plástico lo que ya se venía haciendo tiempo atrás, lo hizo por medio de la utilización de las botellas PET rellenas de tierra para la construcción de tanques de agua, muros perimetrales y columnas, asegurando que las botellas son más duraderas que los bloques de concreto que comúnmente se utilizan en las construcciones pues estos envases plásticos pueden durar hasta 300 años, incluso mucho más que el cemento empleado para unirlos. (Ruiz, Lopez, Cortez, & Froese, 2012)

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Diseñar un estudio de viabilidad en la implementación de la construcción de muros con botellas plásticas tipo PET que sirva para el mejoramiento de la infraestructura física de las viviendas de familias de escasos recursos en la comunidad del municipio del Bagre – Antioquia mediante la evaluación técnica, económica y social del entorno.

### ***1.4.2 Objetivos específicos***

- Realizar un diagnóstico de la infraestructura de las viviendas de familias de escasos recursos del municipio del Bagre por medio de visitas de campo, encuestas y levantamiento de registro fotográfico para desarrollar una caracterización física de las viviendas del sector y determinar la importancia de implementar modelos constructivos de mampostería no tradicional (botellas plásticas tipo PET) para su mejoramiento.

- Evaluar los diferentes procesos constructivos que se han desarrollado y aplicado para la construcción de muros con botellas tipo PET recicladas, por medio de un cuadro de priorización en donde se evaluarán diferentes parámetros que permitan determinar los costos de los materiales generalmente utilizados en la construcción tradicional vs los materiales reciclados y así definir cuál es el modelo más acorde a las necesidades de los habitantes del sector del Bagre –Antioquia.
- Diseñar una estrategia de divulgación y/o información que permita comunicar a los habitantes del Bagre-Antioquia las ventajas y beneficios que tiene la construcción de muros con botellas tipo PET recicladas, por medio de material audiovisual que promueva en la comunidad el uso de este material reciclable con el propósito de incluirlo como una nueva alternativa constructiva y de mejoramiento de la calidad de vida.

## Capítulo 2 Marco Referencial

### 2.1 Marco conceptual

De acuerdo con lo planteado en la primera parte de este proyecto, se debe de conocer una serie de conceptos básicos que permitan comprender el desarrollo del problema y las posibles soluciones desprendidas de ellas, para lo anterior se definen los siguientes conceptos:

**Vivienda digna:** La Constitución Política de Colombia reconoce, en su artículo 51, el derecho a la vivienda digna que asiste a todos los colombianos, así: “Todos los colombianos tienen derecho a vivienda digna. El Estado fijará las condiciones necesarias para hacer efectivo este derecho y promoverá planes de vivienda de interés social, sistemas adecuados de financiación a largo plazo y formas asociativas de ejecución de estos programas de vivienda” (Constitucion Política de Colombia, 1991).

**Fachadas:** Es la pared exterior del cerramiento, o cierre vertical que envuelve dando privacidad al interior y sirve de protección ante los fenómenos climáticos (lluvia, nieve, calor, frío, vientos) y otros agentes para los cuales se emplean diferentes aislaciones o soluciones constructivas. (Construmática, s.f.)

**Infraestructura:** En general, es posible definir a la infraestructura como el conjunto de estructuras de ingeniería e instalaciones –por lo general, de larga vida útil– que constituyen la base sobre la cual se produce la prestación de servicios considerados necesarios para el desarrollo de fines productivos, políticos, sociales y personales. (B.I.D, 2000, pág. 11).

**Botellas PET:** En esta investigación se reciclará uno de los plásticos de mayor uso en el mundo, como es el caso del Polietileno de Tereftalato, conocido como PET, el cual es un producto sintético derivado del petróleo que forma parte del grupo de las resinas termoplásticas, es decir aquellos plásticos que a altas temperaturas se vuelven flexibles, se derriten cuando se

calientan y se endurecen cuando se enfrían; dichas propiedades hacen que este tipo de plásticos puedan ser reciclados. Estos son moldeados mediante distintos procedimientos como son la extrusión, laminación, el soplado y la inyección (RODAS & ORDOÑEZ, 2016, pág. 75).

**Mampostería:** se conoce como el sistema tradicional de construcción, dado que busca ensamblar elementos como la arcilla o el concreto para la creación de muros; de tal forma que el sistema adquiera las características de forma, resistencia y estabilidad que lo hagan apto para el uso previsto de acuerdo al Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010).

**Guía:** Es un documento que orienta y establece pautas que permiten desarrollar una o varias actividades de un proceso o procedimiento. (DAPRE, 2019)

**Sistema constructivo:** La UVG (2001) señala que los sistemas constructivos tradicionales, son aquellos que tienen un grado de industrialización bajo, considerándoseles sistemas constructivos artesanales. Es el sistema de construcción más difundido y el más antiguo. Basa su éxito en la solidez, la nobleza y la durabilidad (dependiendo del material). Constituido por estructura de paredes portantes (ladrillos, piedra, o bloques etc.) u hormigón. Paredes de mampostería: ladrillos, bloques, piedra, o ladrillo portante, etc. revoques interiores, instalaciones sanitarias, eléctricas y techo de tejas cerámicas, mínimo a dos o más aguas, o losa plana. Es un sistema de “obra humedad” (Navarro, 2017).

**Hacinamiento:** El hacinamiento es definido como una experiencia de escasez espacial causada por la presencia de demasiadas personas en una determinada situación (Baró, 1985).

**Reciclaje:** El reciclaje es un proceso cuyo objetivo es convertir desechos en nuevos productos o en materia para su posterior utilización. Gracias al reciclaje se previene el desuso de materiales potencialmente útiles, se reduce el consumo de nueva materia prima, además de reducir el uso de energía, la contaminación del aire (a través de la incineración) y del agua (a

través de los vertederos), así como también disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con la producción de plásticos. (oscarbarbieri, s.f.)

**Estudio de Viabilidad:** Los estudios de viabilidad son estudios técnico-económicos que se desarrollan para evaluar la pertinencia de ejecutar un proyecto determinado. (esan, 2017)

**Aislamiento térmico:** tiene como objetivo el dificultar las transmisiones de calor del interior al exterior y viceversa para evitar las pérdidas de calor en períodos fríos y la ganancia del mismo en épocas cálidas. (Construmática, s.f.)

## 2.2 Marco contextual

Durante la evolución de la humanidad, platea Yovane (2003) que el hombre Cromagnon es quien desarrolla la escritura y deja atrás su calidad de nómada y cazador para convertirse en un ser sedentario y agricultor debido a la necesidad de generar resguardo frente a condiciones climáticas, amenazas naturales, tener lugar de descanso y cultivar su propio alimento.

Construye entonces los primeros refugios fuera de las cavernas y se hace más diestro en la elaboración de herramientas y utensilios que le permiten ente otras cosas, acondicionar sus refugios para la vivienda familiar. Las construcciones realizadas eran básicamente tiendas armadas con ramas y pieles de animales, que posteriormente se fueron acondicionando con otros materiales naturales con el fin de brindar la mayor seguridad a los asentamientos humanos.

En la actualidad el hombre ha presentado una evolución sustancial en mejoramientos técnicos y tecnológicos en el sector de la construcción, las viviendas cuentan con materiales de altos estándares y la mano de obra con cualidades especializadas para la ejecución de hogares. Sin embargo, en comunidades como el Bagre - Antioquia sigue perdurando la problemática de acceso a una vivienda digna, pues la gran mayoría de sus pobladores no cuenta con un trabajo de

remuneración igual o por encima del mínimo legal vigente y el tipo de labores que allí predominan son informales, y al cuantificarlas llegan aproximadamente a una tasa del 95,45% (Universidad de Antioquia, 2020) lo cual tiene como consecuencia que los índices de viviendas con baja calidad son comunes, pues estas no cumplen con estándares mínimos de salubridad, confort y seguridad.

El contraste social anterior con el ámbito político entra en oposición, pues según la Constitución política de Colombia, cada colombiano tiene derecho a una vivienda digna y el estado deberá realizar planes para garantizar y fomentar el acceso a esta (Constitucion Política de Colombia, 1991); pero en contexto real las cifras actuales plantean que el 9,7% de las viviendas de la zona urbana y el 48,5% de las viviendas rurales en Colombia se encuentran en un estado inadecuado (Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022, 2018). Teniendo en cuenta lo anterior y sumándole la emergencia coyuntural de la actualidad producida por el Covid-19 en donde se evidencia un impacto en la economía global, estos hechos reflejan un panorama desfavorable en la disminución de los indicadores de las condiciones habitacionales por las condiciones económico-sociales actuales y la dificultad de generar proyectos de acceso a la vivienda en comunidades remotas como la del Bagre. Para mitigar esta desigualdad social se puede plantear soluciones ecológicas de bajo impacto económico que brinden soluciones a las necesidades básicas de las familias más vulnerables de algunos sectores, donde el factor económico ha generado escases en la infraestructura física de las viviendas. Es así donde la inclusión de nuevas metodologías constructivas al utilizar materiales alternativos como los reciclados, puede conllevar a abrir un nuevo paso hacia la mejora de la calidad de vida de las personas.

A través de la historia se han desarrollado varias soluciones integrales de vivienda, amigables con el medio ambiente que junto con la integración de conceptos arquitectónicos

generaron un hito en la implementación de construcción de viviendas y muros con botellas plásticas. En 1971 el arquitecto Mike Reynolds por medio de su tesis, desarrollo el primer modelo de construcción de viviendas con botellas de vidrio, un modelo llamado Architecture Records (Econoticias, 2015).

Otra referencia a nivel internacional es la iniciativa que fue presentada por monjes budistas, en Tailandia, más precisamente en la provincia de Sisatek, en donde se elaboró la construcción de un templo budista con la implementación de más de 1,5 millones de botellas de vidrio verdes de la cerveza Heineken y marrón de las bebidas Chang y Singha. La iniciativa se desarrolló a partir de 1984 y su construcción tardó dos años, sin embargo, hasta el 2009 se seguían realizando ampliaciones al recinto; este templo es conocido como Wat Pa Maha Chedi Kaew (Templo del desierto de la Pagoda del Gran Cristal) y también conocido como el “Templo del Millón de Botellas” (Ecoinventos, 2019) .

En la región latinoamericana sobre el año 2001 se implementó el sistema ECO-TEC por el ambientalista Andreas Froese, quien, influenciado por la pobreza de una región de Honduras, se inspiró para buscar estrategias innovadoras en la construcción con la reutilización de botellas de plástico como ladrillos para erigir casas completas (Marines, 2018). El sistema ECO-TEC se ha extendido por varias regiones, Argentina, Bolivia, Honduras y Colombia, el diseño por ha sido un referente que ha llegado a territorio nacional, como se evidencia en la construcción de una vivienda para una familia Wayuu en situación de extrema pobreza (El Heraldo , 2014); así mismo mediante investigaciones locales, se evaluó, verifico y concluyo beneficios de la construcción de muros de botellas PET entre los cuales se tienen: larga duración, buen aislamiento térmico, sistema económico y autoconstrucción (Ruiz, Lopez, Cortez, & Froese, 2012); las cualidades anteriores posicionan este sistema constructivo como amigable con el

medio ambiente al permitir reducir altas cifras contaminantes en la reutilización de las botellas PET; después de determinar la viabilidad de este sistema de construcción se espera elaborar una guía de uso del sistema ECO-TEC acorde al contexto social de la comunidad del Bagre Antioquia generando no solo impacto en el aprovechamiento de desechos reciclables sino también al disminuir en los indicadores de la baja calidad de las viviendas para las familias de escasos recursos.

### 2.3 Marco legal

La vivienda es un derecho en el estado colombiano, los gobiernos nacionales, gubernamentales y municipales, establecen indicadores de controles para verificar el estado y acceso a la misma. La construcción de muros por medio de botellas PET incluye un valor agregado de acuerdo con el contexto ambiental por tal motivo en el presente apartado se indicará los principales conceptos legales aplicables en la presente investigación.

**Constitución Política de Colombia:** La Constitución Política de Colombia reconoce, en su artículo 51, el derecho a la vivienda digna que asiste a todos los colombianos, así: “Todos los colombianos tienen derecho a vivienda digna. El Estado fijará las condiciones necesarias para hacer efectivo este derecho y promoverá planes de vivienda de interés social, sistemas adecuados de financiación a largo plazo y formas asociativas de ejecución de estos programas de vivienda” (Constitucion Politica de Colombia, 1991).

**(NSR 10)** en su numeral D.3.6.1 indica TIPOS DE UNIDADES DE MAMPOSTERÍA — Las unidades de mampostería que se utilicen en las construcciones de mampostería estructural pueden ser de concreto, cerámica (arcilla cocida), sílico-calcáreas o de piedra. Según el tipo de mampostería estructural y según el tipo de refuerzo, las unidades pueden ser de perforación

vertical, de perforación horizontal o sólida, de acuerdo con la posición normal de la pieza en el muro, como lo indica el Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010).

**Plan de desarrollo municipal del Bagre Antioquia:** De acuerdo el con índice multidimensional de pobreza a nivel municipal a 31 de diciembre de 2018, se plantea que, en el municipio de El Bagre, el 50,75% de las personas tienen alguna necesidad básica insatisfecha, encontrando un 40,41% en la cabecera municipal y un 71,33% en la zona rural. Del total de personas con necesidades básicas insatisfechas en la zona urbana del municipio, 17,72% de la población se encuentra en condiciones de miseria; 13,49% tiene necesidades de vivienda; 13,41% tiene déficit en alguno de los servicios públicos; 13,31% vive en condiciones de hacinamiento; 7,68% en condiciones de inasistencia; y 18,81% depende económicamente de un tercero (Alcaldía Municipal del Bagre, 2020 - 2023).

**Plan de desarrollo gubernamental de Antioquia (2020 – 2023):** Según datos de la Encuesta de Calidad de Vida 2019 (Gobernación de Antioquia, 2019), el número de viviendas con déficit cuantitativo fue de 98.041 (viviendas con carencias habitacionales, en estructura - paredes, cohabitación y hacinamiento no mitigable), y el número de viviendas con déficit cualitativo, tanto urbanas como rurales (viviendas con problemas susceptibles a ser mejorados, en estructura de los pisos, hacinamiento mitigable, servicios públicos y lugar inadecuado para preparar los alimentos), fue de 294.870 (Plan de desarrollo Gubernamental de Antioquia 2020-2023, 2020).

**Plan nacional de desarrollo (2018-2022):** Como reto nacional se tiene mejorar la calidad de las viviendas, ya que 9,7% de los hogares urbanos y 48,5% de los rurales viven en condiciones inadecuadas. Ruta al 2030 Los hogares colombianos tendrán más facilidades para acceder a viviendas de calidad; tendremos barrios atractivos, seguros, con parques, transporte

público y acceso a hospitales, colegios y espacios deportivos y culturales (Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022, 2018).

**Plan de gestión ambiental regional (2020 – 2023):** Meta de tasa de reciclaje del 35% en el departamento de Antioquia (Plan de Gestión ambiental regional (2020-2023), 2020).

#### **2.4 Marco teórico**

A medida que la sociedad avanza, la industria impacta de manera directa y exponencial en el consumo diario de las personas y las estrategias de marketing que tienen las empresas influyen directamente en la demanda de sus productos al generar una idea en la que, a mayor consumo y adquisición, mayor será la satisfacción que se puede obtener. Esta práctica denominada consumismo, denota la generación de una cantidad de residuos sólidos a los que no se les realiza una adecuada disposición que a su vez ha traído un resultado desfavorable para el medio ambiente.

Como lo informa Greenpeace, en ocasiones somos parte de la problemática ocasionada por el consumismo, porque carecemos de la información necesaria para ser capaces de sopesar los impactos que nuestro consumo tiene en el medioambiente. Plásticos, envolturas de alimentos, la ropa que vestimos el uso de la tecnología o la forma como nos desplazamos, todas son piezas que suman a una acción desmedida y poco consciente que está degradando el medio ambiente (Greenpeace, s.f).

Las actividades de consumismo no sostenible han impactado en las sociedades, la poca cultura de reciclaje ha generado el acopio de elementos desechables en las urbes, zonas costeras, entre otras, por lo cual, entre las soluciones desarrolladas a lo largo de la historia ha sido la reutilización de los desechos comunes como una opción de materia prima para la construcción,

este concepto renovable y sostenible fue incursionado por el arquitecto Mike Reynolds, el cual implemento el sistema constructivo *Architectura Records*, en el que se incluyeron botellas de vidrio para la construcción de muros en viviendas (Econoticias, 2015).

El PET, también conocido como tereftalato de polietileno fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickson en 1941. La producción comercial de fibra de poliéster comenzó en 1955; desde entonces, el PET ha presentado un continuo desarrollo tecnológico hasta lograr un alto nivel de sofisticación (QuimiNet, 2005). En consecuencia, el consumo de botellas PET y su baja tasa de reciclaje ha impactado de manera global; tal y como fue manifestado por la ONU en una de sus noticias, “Para 2050 habrá más plásticos que peces en los océanos a menos que la gente deje de utilizar artículos de un solo uso elaborados con este material, como las bolsas y las botellas.” (ONU, 2017). Entre la demanda exponencial que ha sufrido el consumo de botellas PET y como resultado de los desechos obtenidos por este, se desarrolló un planteamiento similar al de Mike Reynolds; sobre el año 2001 en Honduras por Andreas Froese, quien implementó un sistema constructivo denominado *ECO-TEC*, en el cual se rellenaba botellas plásticas con arena para construir muros; esto ha logrado revolucionar la técnica de construir muros con materiales reciclables, Andreas Froese, ha desarrollado y comprobado, los beneficios que se obtienen por este sistema constructivo, de tal modo que se ha extendido por gran parte de Latinoamérica (Ruiz, Lopez, Cortez, & Froese, 2012).

Lo que se pretende reutilizar las botellas PET para la construcción y/o mejoramiento de viviendas, no solo se convierte en un aporte que permita dar mejor disposición a los desechos generados por el hombre, sino que también ocasiona un impacto favorable para el medio ambiente y a su vez aporta una opción diferente para familias vulnerables en las que su economía ha afectado la posibilidad de tener una infraestructura de vivienda adecuada.

## **Capítulo 3**

### **Diseño metodológico**

#### **3.1 Línea de investigación institucional**

La investigación en el proceso académico, busca la consolidación de métodos teóricos y pragmáticos, con el fin de generar soportes técnicos en la formación, para el presente caso, la especialización de gerencia de proyectos, por medio de la viabilidad de mampostería ECO-TEC, se incluye en la línea de investigación institucional “Innovaciones sociales y productivas, la mejora de procesos y desarrollo social”, Según Alburquerque, F., & Pérez, S. R. (2013), “debemos repensar la investigación desde el territorio, reconociendo sus vocaciones productivas, la política, la normatividad, parámetros de argumentación y desarrollo local.” Esto sustenta la necesidad de generar acciones de desarrollo en territorios, pues la vulnerabilidad de la infraestructura habitacional de la comunidad del Bagre Antioquia requiere de acciones adicionales a las contempladas por las entidades gubernamentales con el fin de crear desarrollo diferencial en los territorios.

#### **3.2 Eje temático**

El desarrollo del proyecto cuenta con una temática gerencial, debido a la evaluación de los distintos componentes para la implementación de un proyecto de mejora de viviendas en el municipio del bagre Antioquia. Por medio de fuentes oficiales, se determinarán características demográficas de la zona, hogares y sociales, lo cual permitirá hacer un análisis económico para la evaluación técnica de distintos modelos constructivos tradicionales y de botellas PET.

#### **3.3 Enfoque de investigación y paradigma investigativo**

Teniendo en cuenta que el enfoque cuantitativo “utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el con el fin

establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (Hernández, 2014), para el presente proyecto se determina este enfoque, porque se realizaran una serie de visitas de campo para el análisis de variables por medio de un muestreo de familias en la comunidad del bagre, donde se evidencie las fallas y estado físico de las viviendas, lo cual permitirá elaborar un diagnóstico muestral de la comunidad objetivo y por consiguiente permitirá la realización de un análisis presupuestal costo beneficio para determinar la mejor solución a la dificultad identificada en el municipio del Bagre – Antioquia.

### **3.4 Diseño**

El diseño en que se basa esta investigación es de tipo no experimental, como lo define (Hernández, 2014) en la “Investigación no experimental los estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos.”, teniendo en cuenta que en el desarrollo del proyecto se evaluarán los procesos constructivos implementados con botellas PET y los sistemas tradicionales de construcción según NSR 10 en las comunidades del Bagre Antioquia, se crea concordancia con la definición del diseño no experimental, pues las variables analizadas serán por procesos ya determinados y solo se realizará un análisis en paralelo al costo beneficio de los dos sistemas constructivos.

### **3.5 Alcance**

El alcance que tiene esta investigación, es de tipo correlacional, como lo menciona (Hernández, 2014) “Se pretende asociar variables mediante un patrón predecible para un grupo o población.”, por lo tanto, para este caso se realizará por medio de las fuentes estadísticas oficiales como el Dane o las bases propias del municipio, se determinará el grupo objetivo de

acuerdo al cruce de análisis del número de familias que residen en él vs el estado de las viviendas de cada una de ellas. Así mismo por medio de una evaluación presupuestal de los procesos constructivos tradicionales vs el sistema constructivo con botellas PET se podrán inferir los beneficios e indicadores a mejorar en la comunidad objetivo por medio del análisis presupuestal de los modelos constructivos.

### **3.6 Población**

El desarrollo de esta investigación está dirigida principalmente a las viviendas de baja calidad, de acuerdo (Alcaldía Municipal del Bagre, 2020 - 2023) se tiene un 60,2% de hogares en déficit cualitativo para un total de 13.126 familias (DANE, 2018), del municipio del Bagre Antioquia.

### **3.7 Tamaño de muestra**

Para el cálculo de la muestra, se obtuvo de acuerdo con el número de total de hogares del último censo realizado al 2018 en el municipio del Bagre Antioquia, 13.126 hogares (DANE, 2018); el total de hogares se multiplica por el déficit cualitativo de las viviendas 60,2% (Alcaldía Municipal del Bagre, 2020 - 2023) obteniendo de esta manera el valor total del universo a analizar.

$$\text{Total universo} = \text{Total Hogares} * \text{Déficit cualitativo hogares}$$

$$\text{Total universo} = 13.126 * 60,2\%$$

$$\text{Total universo} = 7.901 \text{ hogares con déficit cualitativo}$$

Posteriormente, por medio del aplicativo de SurveyMonkey se obtiene una muestra de 148 encuestas con un nivel de confianza del 95%.

**Figura 1***Tamaño de la muestra*

The image shows a web-based calculator titled "Calcula el tamaño de la muestra". It features three input fields: "Tamaño de la población" with the value 7901, "Nivel de confianza (%)" with a dropdown menu set to 95, and "Margen de error (%)" with the value 8. Below these fields, the text "Tamaño de la muestra" is displayed above a large green number "148".

Input	Value
Tamaño de la población	7901
Nivel de confianza (%)	95
Margen de error (%)	8
Tamaño de la muestra (Resultado)	148

Fuente: SurveyMonkey

### 3.8 Fuentes, Técnicas e instrumentos de recolección de información y datos

**Figura 2**

*Formato Ficha Técnica Verificación Cualitativa de Hogares*

Análisis de viabilidad del proceso de construcción de muros con botellas plásticas tipo PET que sirva para el mejoramiento de la infraestructura física de las viviendas												 <b>UNIMINUTO</b> <small>Corporación Universitaria Minuto de Dios</small> <small>Educación de calidad al alcance de todos</small>	
FICHA TECNICA VERIFICACION CUALITATIVA DE HOGARES												Fecha de elaboración	
<b>1. Datos del núcleo familiar</b>													
NOMBRE DEL JEFE DE HOGAR												No. CÉDULA:	
N. MIEMBROS DEL HOGAR		2	3	4	5	6	7						
SIBSEN		N1	N2	N3	RED JUNTOS			OTRO					
<b>2. CARACTERISTICAS DE UBICACIÓN Y TRANSPORTE AL PREDIO</b>													
MUNICIPIO		El Bagre			VEREDA				Muqui Abajo				
NOMBRE DEL PREDIO O FINCA					COORDENADAS ELIPSOIDALES PARA GEOREFERENCIACION DEL PREDIO (Navegador GPS)				NORTE:				
									ESTE:				
									COTA:				
PREDIO EN ZONA DE ALTO RIESGO		NO	SI	INUNDACION		DESLIZAMIENTO		HUMDIMIENTO		ORDEN PUBLICO			
DISTANCIA DEL CASCO URBANO POR CARRETABLE EN BUEN ESTADO ACCESO VEHICULAR		0 -5 KM		5 -10 KM		10 -15 KM		15 -20 KM		20 -25 KM			
		25 -30 KM		30 -35 KM		35 -40 KM		40-45 KM		45 -50 KM			
TRANSPORTE MULAR		SI	NO	0-5km	5-10km	10-15 km	15-20km	>20	Distancia:				
TRANSPORTE VEHICULO O CAMPERO		SI	NO	0-5km	5-10km	10-15 km	15-20km	>20	Distancia:				
TRANSPORTE HOMBRE		SI	NO	0 -300 m	300 -600 m	600 - 900 m	>900	Distancia:					
<b>3. DIAGNOSTICO INFRAESTRUCTURA FISICA DE LA VIVIENDA</b>													
LA VIVIENDA CUENTA CON UNIDAD SANITARIA				SI	NO	DUCHA		SANITARIO		LAVAMANOS			
Muros		Madera:		Zinc:	Bloque:		Otro:						
Cubierta		Madera:		Lona:	Zinc:		Otro:						
Pisos		Tierra:		Cemento:		Otro:							
OBSERVACIONES:													

Fuente: Elaboración propia

### 3.9 Análisis y tratamiento de datos

Los datos recopilados por medio de la aplicación de la encuesta tienen como fin evaluar el estado cualitativo de las viviendas en el municipio del Bagre - Antioquia, para determinar los parámetros técnicos y sociales se establecen cuatro partes esenciales:

**Datos del núcleo familiar:** evalúa los datos de composición del núcleo familiar, esto con la necesidad de dar a conocer problemáticas de hacinamiento, de acuerdo con el número de ocupantes de la vivienda vs áreas de construcción y caracterización de niveles de pobreza por medio de fuentes oficiales “Sisbén – Red Juntos – Otros”

**Características de ubicación y transporte al predio:** mediante la recolección de datos de la ubicación geográfica por medio de elementos de GPS se evaluará la distancia entre cabecera municipal y las veredas de impacto, así como características especiales de transporte (mular y hombre), se determina costos económicos de transporte de materiales, los cuales afectan proporcionalmente las decisiones de mejoramiento de viviendas. También se verifica las condiciones especiales de riesgos naturales para determinar la habitabilidad del predio.

**Diagnostico infraestructura física de la vivienda:** por medio de una inspección visual, en los predios encuestados, se verificara el estado de los distintos elementos estructurales y no estructurales de la vivienda, teniendo como prioridad cotejar el estado de la mampostería, así mismo se realizara una inspección de las unidades sanitarias, teniendo en cuenta que la prioridad esencial del ser humano son las necesidades fisiológicas y de igual manera en los hogares se deben de garantizar los procesos sanitarios.

**Anexos:** En la aplicación de las encuestas, se realizará un registro fotográfico para sustentar las condiciones de los hogares analizados.

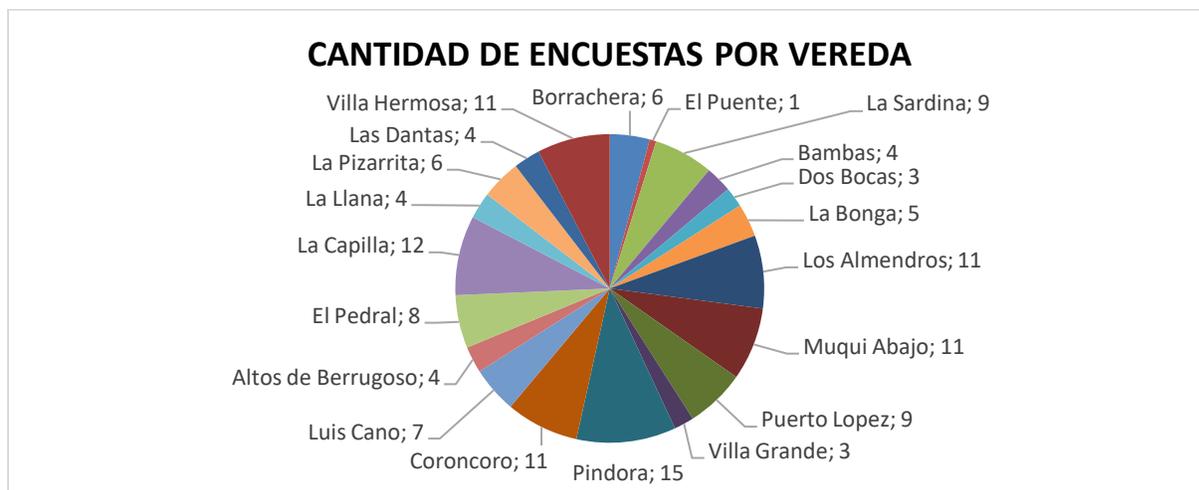
## **Capítulo 4**

### **Resultados y discusiones**

A continuación, se presenta un análisis de los resultados obtenidos de la caracterización de las familias que habitan las veredas aledañas al municipio del Bagre Antioquia y que fueron objeto de estudio para la presente investigación.

#### **4.1 Diagnóstico social de veredas del municipio del bagre Antioquia**

Para el diagnóstico de la infraestructura de las viviendas de familias de escasos recursos del municipio del Bagre-Antioquia, se realizaron visitas de campo entre el 29 de marzo y el 20 de abril de 2021 a un total de 20 veredas de las 56 que tiene el municipio (Muqui Abajo, Los Almendros, Puerto Lopez, La Sardina, Borrachera, El Puente, Pindora, Coroncoro, Luis Cano, Altos de Berrugoso, El Pedral, La Capilla, La Llana, La Pizarrita, Las Dantas, Villa Hermosa, Bambas, La Bonga, Villa Grande y Dos Bocas); en dichas visitas se ejecutaron encuestas y levantamiento de registro fotográfico de las fachadas de las viviendas, utilizando el formato diseñado para la recolección de la información **Figura 2**, obteniendo un total de 144 encuestas.

**Figura 3***Cantidad de Encuestas por Vereda*

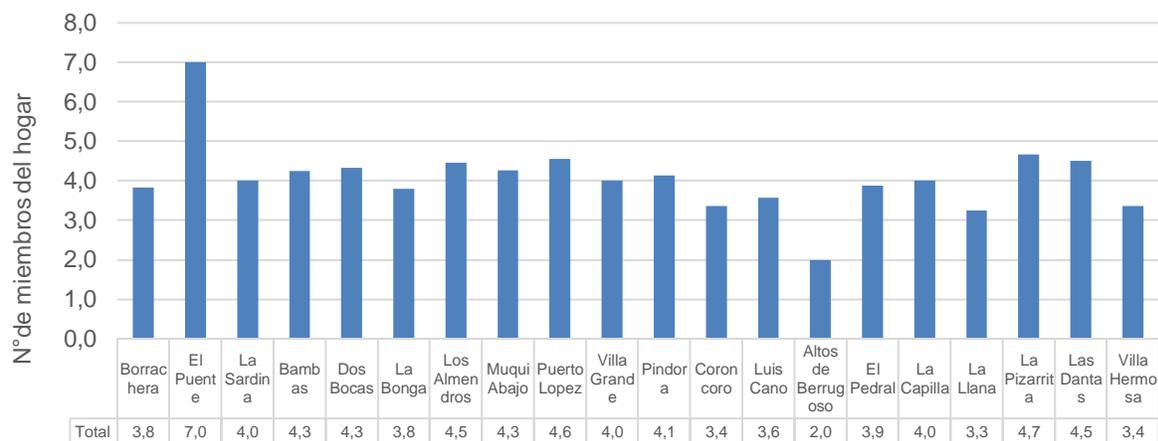
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta hogares del municipio del Bagre Antioquia.

#### **4.1.1 Número de personas por vivienda**

En las encuestas realizadas se evidenció que hay un promedio de 4 personas por vivienda, lo cual no discrepa de los datos obtenidos por el DANE en el censo del 2018, en donde se informa que el promedio de personas por hogar en el municipio del Bagre Antioquia es de 3.6 personas (DANE, 2018).

**Figura 4**

*Promedio de Miembros del Hogar por Vereda Encuestada*



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta hogares del municipio del Bagre Antioquia

**Tabla 1**

*Promedio de Miembros del Hogar por Vereda Encuestada*

Vereda	Promedio de Números de Miembros del Hogar
Borrachera	3.8
El Puente	7
La Sardina	4
Bambas	4.3
Dos Bocas	4.3
La Bonga	3.8
Los Almendros	4.5
Muqui Abajo	4.3
Puerto Lopez	4.6
Villa Grande	4
Pindora	4.1
Coroncoro	3.4

Luis Cano	3.6
Altos de Berrugoso	2
El Pedral	3.9
La Capilla	4
La Llana	3.3
La Pizarrita	4.7
Las Dantas	4.5
Villa Hermosa	3.4
Total general	4

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta hogares del municipio del Bagre

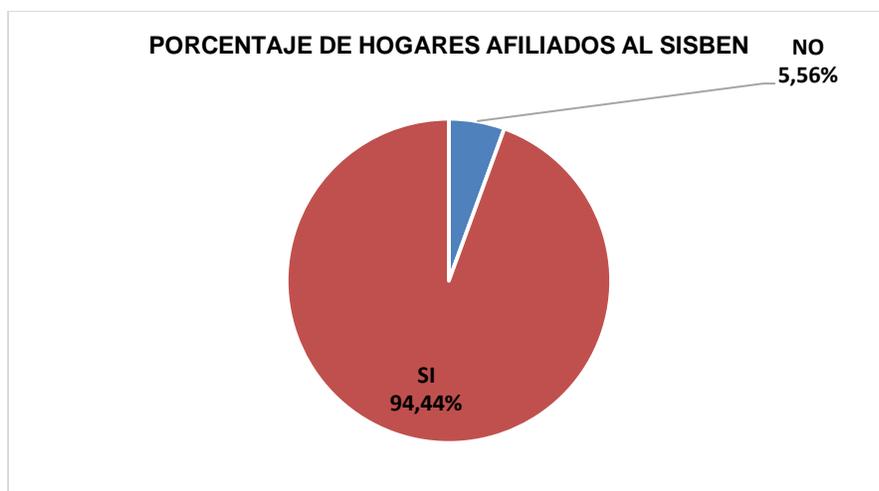
Antioquia

#### 4.1.2 SISBEN

De los 144 hogares encuestados el 94,44% reportó estar afiliado al SISBEN y un 5.56% no.

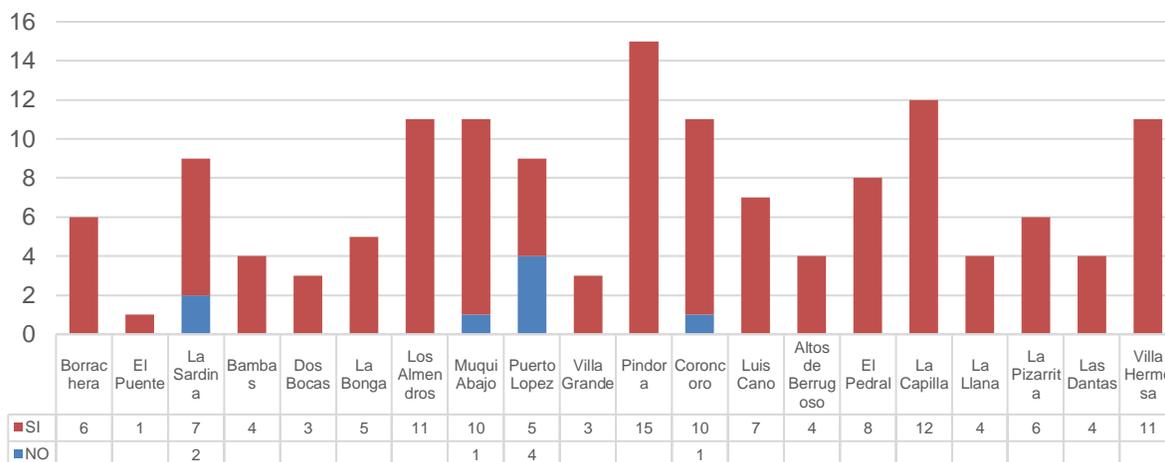
#### Figura 5

*Porcentaje de Hogares Afiliados al SISBEN*



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta hogares del municipio del Bagre

Antioquia

**Figura 6***Hogares Afiliados al SISBEN en Cada Vereda*

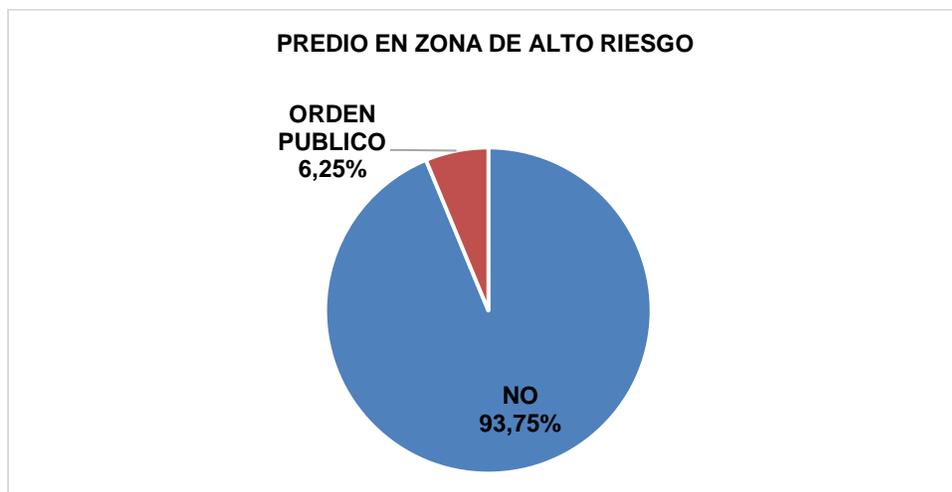
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta hogares del municipio del Bagre Antioquia

#### **4.1.3 Predios en zonas de alto riesgo**

Se evaluó si los predios encuestados estaban en zonas de riesgo de inundación, deslizamiento, hundimiento u orden público. Como resultado se obtuvo que, de 144 encuestas, 135 reportaron no estar en zona de alto riesgo, lo que corresponde a un 93.75% del total de la muestra y solo un 6.25% reportó alto riesgo por orden público.

**Figura 7**

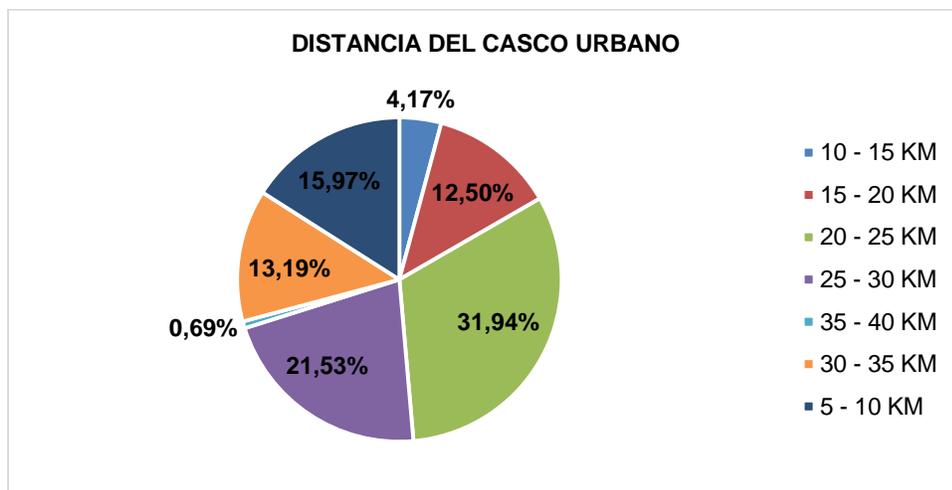
*Predio en Zona de Alto Riesgo*



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta hogares del municipio del Bagre Antioquia

#### **4.1.4 Distancia del casco urbano**

Se obtuvo que, de las 144 viviendas encuestadas, el 31.94% se encuentran a una distancia del casco urbano de entre 20 a 25 kilómetros, siendo este el porcentaje más alto de la muestra evaluada.

**Figura 8***Distancia del Casco Urbano*

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta hogares del municipio del Bagre Antioquia

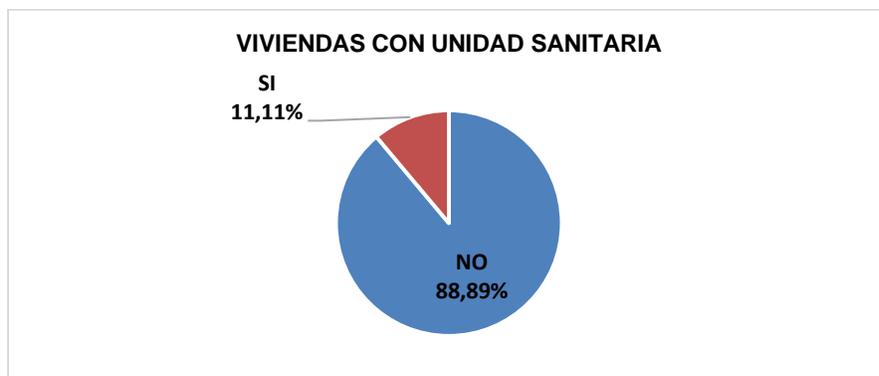
#### ***4.1.5 Infraestructura física de las viviendas***

Para el diagnóstico de la infraestructura de las viviendas, en las 144 encuestas realizadas se tuvo en cuenta para cada una, si contaban o no con unidad sanitaria y también los materiales en los que están construidos los muros, las cubiertas y pisos.

Se obtuvo entonces que, de las 144 viviendas encuestadas, el 88.89% no cuentan con unidad sanitaria y solo un 11.11% sí.

## Figura 9

### *Viviendas con Unidad Sanitaria*

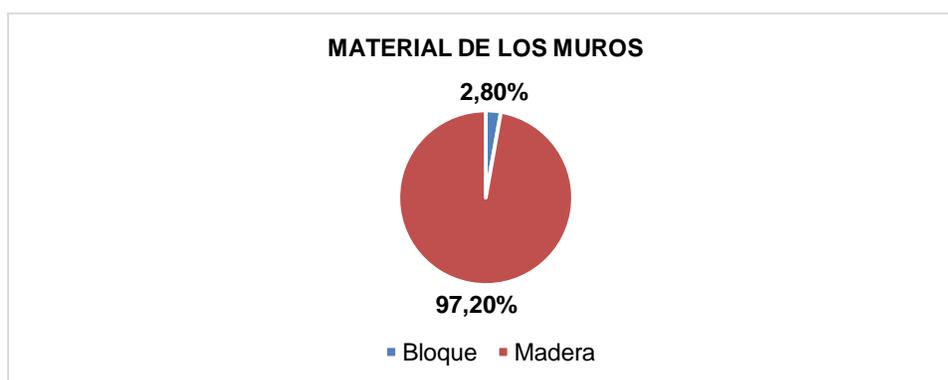


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta hogares del municipio del Bagre Antioquia

Se evidenció que, materiales como el bloque y la madera son los normalmente utilizados por la comunidad para la construcción de sus muros. El 97.20% de las viviendas encuestadas tienen muros en madera y solo el 2.8% tiene sus muros en bloque.

## Figura 10

### *Material de los Muros*

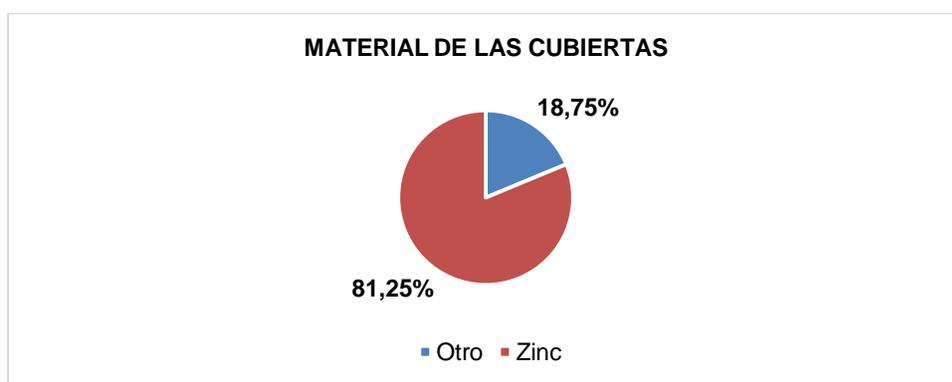


Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta hogares del municipio del Bagre Antioquia

En cuanto a las cubiertas de las viviendas encuestadas, el material mayormente utilizado es el zinc, obteniendo un porcentaje del 81.25% del total de la muestra. También se evidenciaron el uso de otros materiales de menor calidad, tales como, plásticos, paja, lonas de fibra, entre otros.

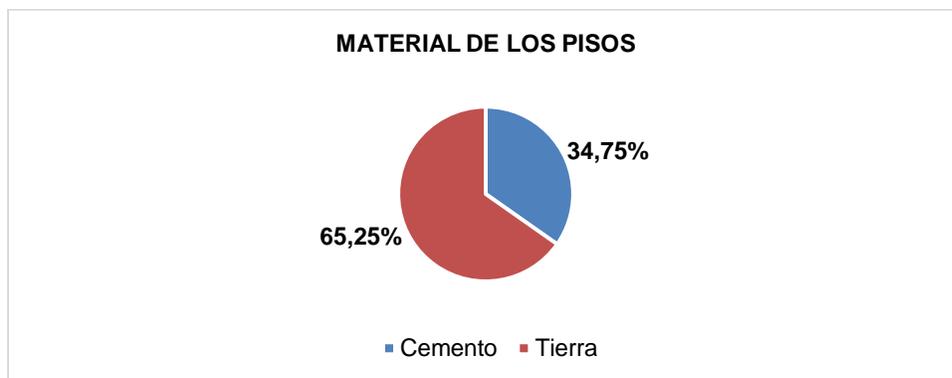
### Figura 11

#### *Material de las Cubiertas*



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta hogares del municipio del Bagre Antioquia

El 65.25% de las viviendas encuestadas tienen pisos de tierra y el 34.75% tiene pisos en cemento.

**Figura 12***Material de los Pisos*

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de la encuesta hogares del municipio del Bagre Antioquia

#### ***4.1.6 Importancia de la implementación de modelos constructivos de mampostería no tradicional***

Las viviendas en su mayoría son realizadas con muros de madera, cubiertas de zinc y pisos en tierra, lo cual evidencia la dificultad de adquirir materiales tradicionales para la construcción, tales como bloques de grouting, ladrillos en arcilla, morteros de cemento, acero y concreto estructural, fortaleciendo esto aún más el uso de mampostería no tradicional debido a la fácil adquisición de su materia prima como lo son las botellas PET.

Teniendo en cuenta las distancias de las viviendas al casco urbano, el estado de las carreteras, las zonas en las que se encuentran las viviendas, la mejora en la calidad de vida de las familias y los materiales en los que están construidos muros, cubiertas y pisos, se determina que es viable la implementación de modelos constructivos de mampostería no tradicional; pues se consideró que la mayoría de las viviendas encuestadas están ubicadas a una distancia de 20 a 25 kilómetros y que las carreteras se encuentran en su mayoría en buen estado para el acceso

vehicular, se hace necesario un sistema que permita transportar la mayor cantidad de materiales en una menor cantidad de viajes, esto con el fin de minimizar costos en la construcción. Lo anterior, es brindado por los modelos de construcción con mampostería no tradicional, dado que dichos modelos utilizan materiales menos densos, que permiten el transporte de mayor cantidad; por el contrario, sucedería con la mampostería tradicional, ya que sus materiales son más densos y vulnerables a daños en el transporte, lo cual implicaría costos más elevados.

En cuanto al riesgo en el que están las viviendas encuestadas, se determina que el 93.75% de estas no se hallan en zonas de alto riesgo de inundación, deslizamiento o hundimiento, lo cual permite el uso de modelos constructivos de mampostería no tradicional, ya que no requieren de un sistema con bondades estructurales de mucha exigencia.

Teniendo en cuenta que el promedio de personas por vivienda son 4 y que muchas de estas viviendas son de un solo ambiente y sin unidades sanitarias, se puede brindar mejor calidad de vida a las familias, interviniendo las viviendas para generar espacios con mayor privacidad zonas de descanso, alimentación y aseo.

#### **4.2 Procedimiento matriz de priorización**

Para establecer los procesos y las variables a analizar en la matriz de priorización de los procesos constructivos de mampostería, se definirá de manera técnica los procesos y elementos que se incluyen en la mampostería estructural, el diseño se elaborará de acuerdo con los lineamientos de la NSR-10, obteniendo un dimensionamiento del tipo de muro con los parámetros mínimos de cumplimiento en la mampostería tradicional; de igual forma, la geometría obtenida en la mampostería tradicional, se replicará en los demás sistemas a analizar: el sistema Eco-Tec (Construcción por medio de botellas PET), sistema Eco- Tec de forma

híbrida (mampostería Eco-Tec y elementos estructurales metálicos de confinamiento) y adicionalmente se analizará un muro en madera, ya que éste es el sistema constructivo más utilizado por la comunidad del Bagre, esto con la finalidad de poder incluir la información correspondiente al cuadro de priorización y así mismo analizar el costo- beneficio de cada uno de los sistemas constructivos que se quieren estudiar para este proyecto.

Luego de obtener el dimensionamiento de los sistemas constructivos de mampostería, se definirá cada una de las actividades constructivas que se requiere para la construcción de la muros, con el fin de evaluar un análisis económico, por medio de precios unitarios; estos análisis (**Ver anexo 3 “Formatos APU”**), son fundamentales para determinar el valor de cada actividad, pues en ellos se estudia al detalle por medio de una serie de características primarias que son importantes para determinar el valor unitario de la actividad, entre ellas son:

Equipos.

Materiales.

Transporte.

Mano de obra.

Una vez hecho este análisis técnico – económico, se procede desarrollar la sumatoria total de cada uno de los componentes para lograr determinar el costo total de la actividad; para esto es importante conocer el costo de los equipos, insumos, manos de obra y transporte, de la zona de estudio, y así poder conocer el costo promedio de lo que podría valer cada una de las actividades para el caso de este proyecto.

Al definir los valores unitarios de cada actividad, se multiplicará por la cantidad total de las actividades, obteniendo el valor total de cada actividad, los sistemas constructivos se cruzarán con todos los valores totales de actividades aplicables para obtener el valor final total de cada

uno de ellos y realizar un comparativo económico. Con base en la anterior descripción se tendrá como resultado el cuadro de priorización en donde se tendrán en cuenta una serie de actividades que son empleadas en la construcción de cada uno de los muros que son objeto de análisis económico según lo planteado en esta investigación.

#### **4.2.1 *Procesos constructivos y materiales utilizados***

Para poder determinar el procedimiento y pre-dimensionamiento del proceso constructivo de los materiales generalmente utilizados en obra, se ahondará antes el concepto técnico y reglamentario de la mampostería estructural, teniendo en cuenta que es el proceso de erigir muros por medio de varios materiales y elementos, de acuerdo al Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010), “Los muros estructurales son muros de mampostería confinada” es decir que para que una mampostería cumpla proceso de sismo resistencia por la presente norma deben de contemplar elementos de confinamiento estructural como lo son columnas, vigas de amarre y vigas cintas; la finalidad de este conjunto de elementos es permitir soportar cargas verticales, horizontales, muertas y vivas, es decir, un muro soporta las cargas propias y de otros elementos superiores como lo son las cubiertas o losas.

Para la construcción de mampostería estructural confinada, como la norma lo especifica, se requiere la inclusión de otros elementos estructurales, es decir que todos los elementos de confinamiento se pueden realizar por medio de elementos metálicos o en concreto reforzado. Para los casos donde se utilice elementos metálicos para el confinamiento, generalmente se realiza por medio de tubería soldada rectangular en acero, formando un pórtico metálico y se genera adherencia con soldadura entre secciones de mampostería por lo que se requieren materiales tales como (Tubería en acero, soldadura, thinner, disolvente y pintura anticorrosiva).

En los casos donde los elementos estructurales constan de concreto reforzado, se requieren elementos como (Cemento, arena, triturado, acero de refuerzo, alambre dulce, desmoldante y formaletería).

Como alternativa a los sistemas tradicionales, de acuerdo con (Ruiz, Lopez, Cortez, & Froese, 2012) el proceso constructivo Eco-Tec, “un sistema de autoconstrucción que utiliza las botellas PET (plásticas) no retornables a manera de ladrillos. Las botellas se rellenan con tierra u otros materiales del lugar y se vinculan unas a otras por medio de tensores formando un sistema biométrico” el sistema Eco-Tec, tiene como finalidad crear opciones de mampostería a comunidades de condiciones especiales como es el caso del Bagre – Antioquia, por medio de elementos como (Botellas PET, arena de relleno y cabuyas).

#### ***4.2.2 Dimensionamiento de la mampostería estructural***

Para poder determinar la geometría de la mampostería estructural, se requiere evaluar previamente distintos parámetros y dar cumplimiento a la NSR-10. Primero se evalúa la zona sísmica de la zona, parámetro que nos permitirá definir el espesor de los bloques, con el espesor del muro definido, se ajusta la geometría del muro, tanto el alto como el ancho. Por último, con el parámetro del espesor del bloque, definiremos la geometría de la cimentación y los elementos de confinamiento estructural (Columnas y vigas de confinamiento) con su respectivo refuerzo en acero.

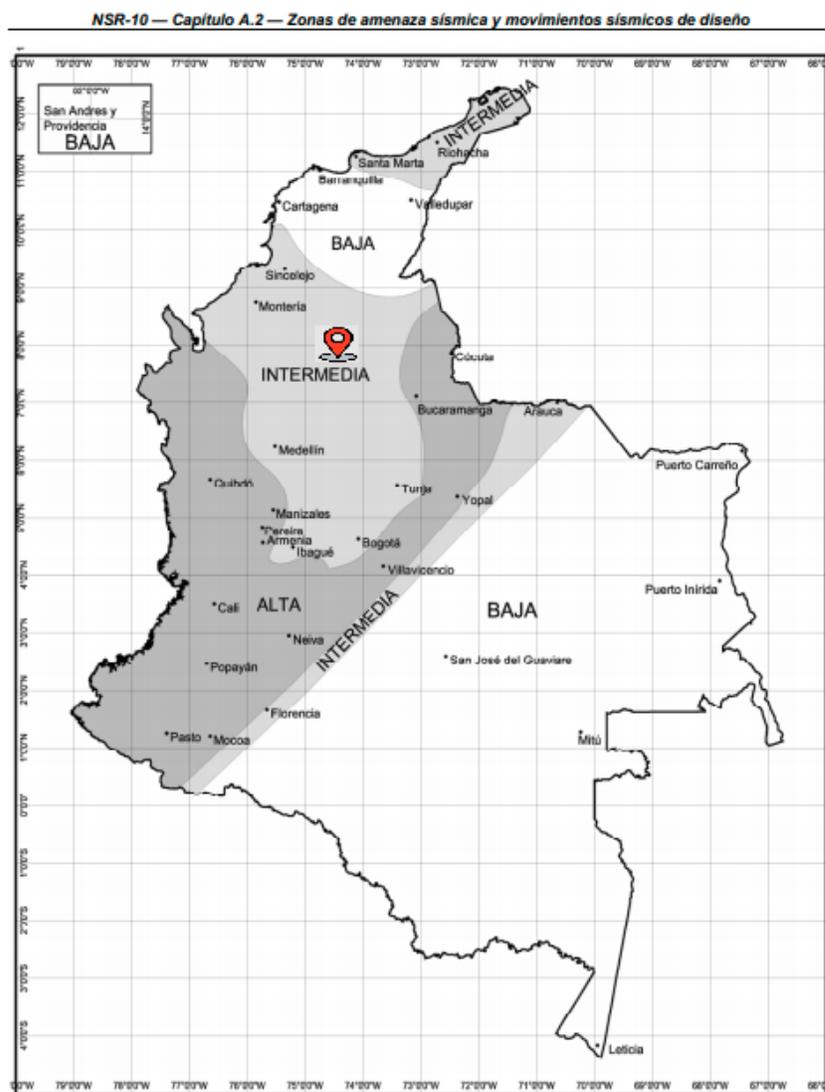
##### **4.2.2.1 Zona sísmica.**

Todo pre-dimensionamiento estructural debe definir la zona de sismicidad en el área de influencia, en el caso del municipio del Bagre Antioquia, según lo contemplado en el literal

A.2.3 – Zonas de Amenaza sísmica de acuerdo al Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010), se tienen una zona de amenaza sísmica intermedia.

**Figura 13**

Zonas de Amenaza Sísmica y Movimiento Sísmicos de Diseño



**Figura A.2.3-1 — Zonas de Amenaza Sísmica aplicable a edificaciones para la NSR-10 en función de  $A_h$  y  $A_v$**

Fuente: NSR 10 – Capítulo A.2

#### 4.2.2.2 Bloque.

Para determinar la geometría a utilizar en los bloques, se evalúa la tabla E.3.5-1 de acuerdo al Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010).

**Tabla 2**

*Espesores Mínimos Nominales para Muros Estructurales en Casas de Uno y Dos Pisos*

**Tabla E.3.5-1**  
**Espesores mínimos nominales para muros**  
**estructurales en casas de uno y dos pisos (mm)**

Zona de Amenaza Sísmica	Número de niveles de construcción		
	Un Piso	Dos Pisos	
		1° Nivel	2° Nivel
Alta	110	110	100
Intermedia	100	110	95
Baja	95	110	95

Nota: Para estos espesores mínimos nominales no se deben tener en cuenta los pañetes y acabados

Fuente: NSR 10 – Capítulo E.3

Teniendo en cuenta que la zona sísmica para el municipio del Bagre se encuentra en una zona intermedia, se debe de tener un espesor mínimo en el bloque de 110mm, para este caso se determina un bloque en arcilla de 12cm x 20cm x 30cm.

#### 4.2.2.2.1 Ancho.

Para establecer el ancho efectivo a analizar, se establece lo contemplado en el literal E.4.3 “Columnas de confinamiento”, Título E, donde en el literal E.4.3.3 “Ubicación” de acuerdo al Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010), “se establece que las columnas deben de ubicarse en una distancia no mayor a 35 veces el espesor efectivo del muro, 1,5 veces la distancia vertical entre elementos horizontales de confinamiento o 4m”, por lo cual se establece para este caso un ancho efectivo de 4m.

#### 4.2.2.2.2 Alto.

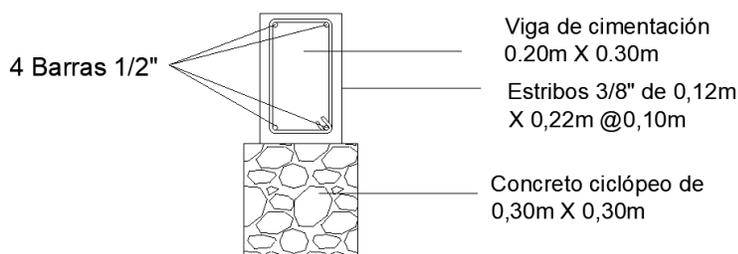
La composición de la altura se cumplirá de acuerdo con lo establecido en el literal E.3.5.1 de acuerdo al Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010), “Para muros estructurales la distancia libre vertical entre diafragmas no puede exceder 25 veces el espesor efectivo del muro” para este caso, el espesor analizado es de 0,15m, es decir que la altura máxima es de 3,00m, por lo que se fija una altura de 2,5m cumpliendo los parámetros de norma.

#### 4.2.2.3 Cimentación.

Para todos los casos se considerará una cimentación en concreto ciclópeo de 0,30 m x 0,30 m con una viga de cimentación de 0,20 m x 0,30 m (Refuerzo longitudinal en barras de 1/2” y estribos de 3/8” cada 0,10 m).

### Figura 14

#### *Diseño de la Cimentación*



SECCION DE LA CIMENTACION  
Y REFUERZO ESTRUCTURAL

Fuente: Elaboración propia

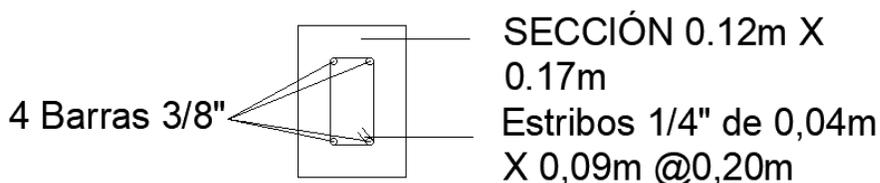
#### 4.2.2.3.1 Columnas.

Para la geometría de las columnas se aplicará lo establecido en el literal E.4.3.2 – Dimensiones, de acuerdo al Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010), “La sección transversal de las columnas de amarre debe tener un área no inferior a 20.000 mm<sup>2</sup> (200

cm<sup>2</sup>), con espesor igual al del muro que confina”. Teniendo en cuenta que bloque para este caso tiene un espesor de 12 cm, para complementar el área min por norma, establecemos una altura de 17 cm, para una sección de 12 cm x 17 cm, así mismo con respecto al refuerzo estructural en el literal E.4.3.4 – Refuerzo mínimo, se determinan dos parámetros, refuerzo longitudinal y refuerzo trasversal, para el presente análisis incluiremos 4 barras longitudinales de 3/8” y en el caso de refuerzo trasversal se determinan estribos con barras no. 2 (1/4”) de 8 cm x13 cm espaciados cada 20 cm y los seis primeros estribos ubicados en cada extremo del elemento se distribuirán cada 10 cm.

### Figura 15

*Diseño de las Columnas*



### SECCIÓN DE LAS COLUMNAS Y REFUERZO ESTRUCTURAL

Fuente: Elaboración propia

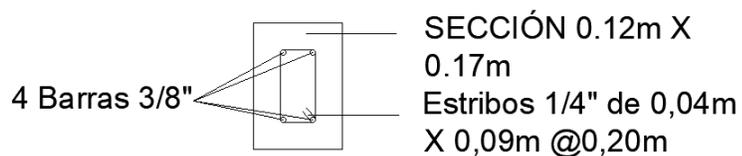
#### **4.2.2.3.2 Vigas de confinamiento.**

Para la geometría de las columnas se aplicará lo establecido en el literal E.4.4.2 – Dimensiones, de acuerdo al Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010), “El ancho mínimo de las vigas de amarre debe de ser igual al espesor del muro, con un área trasversal mínima de 20.000 m<sup>2</sup> o 200 cm<sup>2</sup>”. Teniendo en cuenta que la mampostería para este caso tiene un espesor de 12cm, para complementar el área min por norma, establecemos una

altura de 17cm, para una sección de 12 cm x 17 cm, así mismo con respecto al refuerzo estructural en el literal E.4.4.4 – Refuerzo mínimo, se determinan dos parámetros, refuerzo longitudinal y refuerzo transversal, para el presente análisis incluiremos 4 barras longitudinales de 3/8" y en el caso de refuerzo transversal se determinan estribos con barras no. 2 (1/4") de 10cm x10cm espaciados cada 20 cm y los cinco primeros estribos ubicados en cada extremo del elemento se distribuirán cada 10 cm.

### Figura 16

*Diseño de las Vigas de Confinamiento*



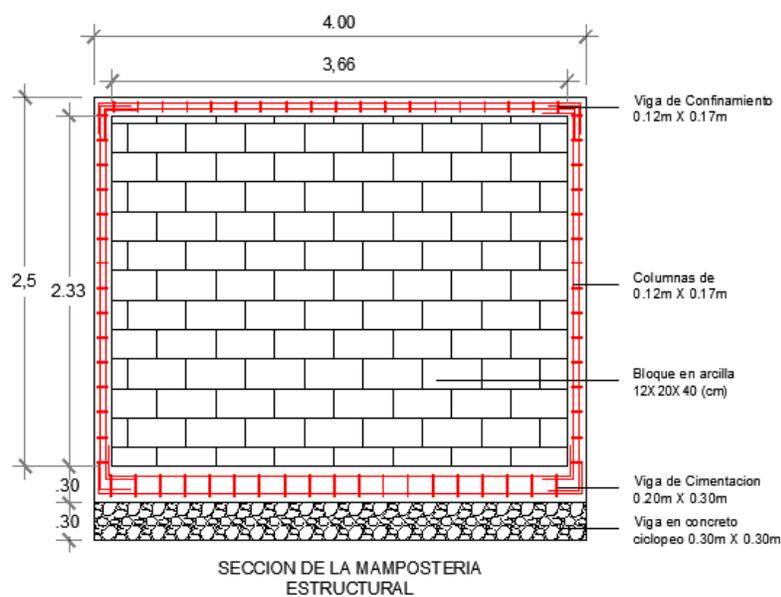
#### SECCIÓN DE LA VIGA Y REFUERZO ESTRUCTURAL

Fuente: Elaboración propia

Luego del pre-dimensionamiento de los elementos estructurales que componen la mampostería estructural y la geometría de la sección del muro, por lo que se ajusta a la siguiente sección:

Figura 17

## Diseño de Mampostería Estructural



Fuente: Elaboración propia

## 4.2.2.4 Presupuesto construcción muro en mampostería estructural.

Tabla 3

## Presupuesto Construcción Muro en Mampostería Estructural

Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Bloque H5 0,12x0,20x0,30 m	m <sup>2</sup>	8,5278	\$45.993,17	\$392.220,57
2	viga de cimentación en concreto de 3000 psi	m <sup>3</sup>	0,24	\$487.236,25	\$116.936,70
3	Concreto ciclópeo de 0.30x0.30 de 3000 psi. (210kg/cm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	0,36	\$286.404,00	\$103.105,44
4	Concreto de 3000 psi (210kg/cm <sup>2</sup> ) para Columnetas de confinamiento Viga de amarre de (0.12X0.17m);	m <sup>3</sup>	0,095064	\$774.587,30	\$73.635,37
5	concreto 3000 psi, incluye acero de refuerzo	ml	4	\$37.195,00	\$148.780,00
6	Acero de refuerzo 60.000 psi (4200kg/cm <sup>2</sup> )	kg	49,341	\$6.016,30	\$296.850,26
<b>TOTAL COSTO ACTIVIDAD MURO</b>					<b>\$1.131.528,33</b>

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la tabla anterior donde se muestra el presupuesto base para la construcción de este sistema constructivo tal como se ha mostrado en el esquema propuesto. Lo que se pretende mostrar en la tabla es el análisis económico de cada una de las actividades que contempla la construcción de este muro teniendo en cuenta los lineamientos básicos de la norma sismo resistente 2010 (NSR-10), y así poder realizar el cálculo de cantidades de obra que se requieren, como también el análisis de precios unitarios (**Ver anexo 3 “Formatos APU”**) donde se calcula el precio estimado de cada actividad y posteriormente analizar el costo total de la construcción según el esquema, así incluir la información del presupuesto al cuadro de priorización. Esta información se desarrollará para cada de uno de los esquemas según los sistemas de construcción propuestos para su análisis.

#### **4.2.3 Dimensionamiento sistema constructivo Eco-Tec.**

De acuerdo con lo establecido en el análisis de matriz de priorización, se replica la geometría en el sistema de mampostería estructural, para elaborar un comparativo acorde a las condiciones generales, se incluye referencia en los elementos que componen el sistema Eco-Tec, tales como cimentación de apoyo de las botellas, material de llenado, tipo de botellas a emplear y proceso constructivo.

**Material de llenado:** de (Ruiz, Lopez, Cortez, & Froese, 2012) “Las botellas se pueden llenar de polvo de escombros, tierra o arena”, teniendo en cuenta que el material es indispensable para generar rigidez, se recomienda la adquisición de arena para pega de mampostería, sin embargo, para el presente proceso se realiza el análisis con material de excavación en terrenos propios, es decir sin valorar costo alguno, este material puede ser el suministrado en la excavación de la zona de cimentación, se recomienda realizar una selección especial del material,

sin emplear escombros que generen vacíos en las botellas, lo cual representaría una disminución en la rigidez.

**Llenado y tipo de botellas:** De acuerdo (Ruiz, Lopez, Cortez, & Froese, 2012) “Se va introduciendo el material dentro de la botella a través de un embudo y se va apisonando cada capa hasta llenarla”, para el presente caso, utilizaremos botellas de 1500cm<sup>3</sup>, las cuales cuentan con unas dimensiones de 35cm de alto y un Ø0,08m.

#### **4.2.3.1 Cimentación**

De acuerdo con (Ruiz, Lopez, Cortez, & Froese, 2012) “Normalmente se recomienda el uso de una placa de base en concreto ciclópeo.” Dado el alto de la botella, se recomienda una base en concreto ciclópeo de 0,35m de ancho x 0,20m de alto, lo que permite un apoyo uniforme en la base del muro.

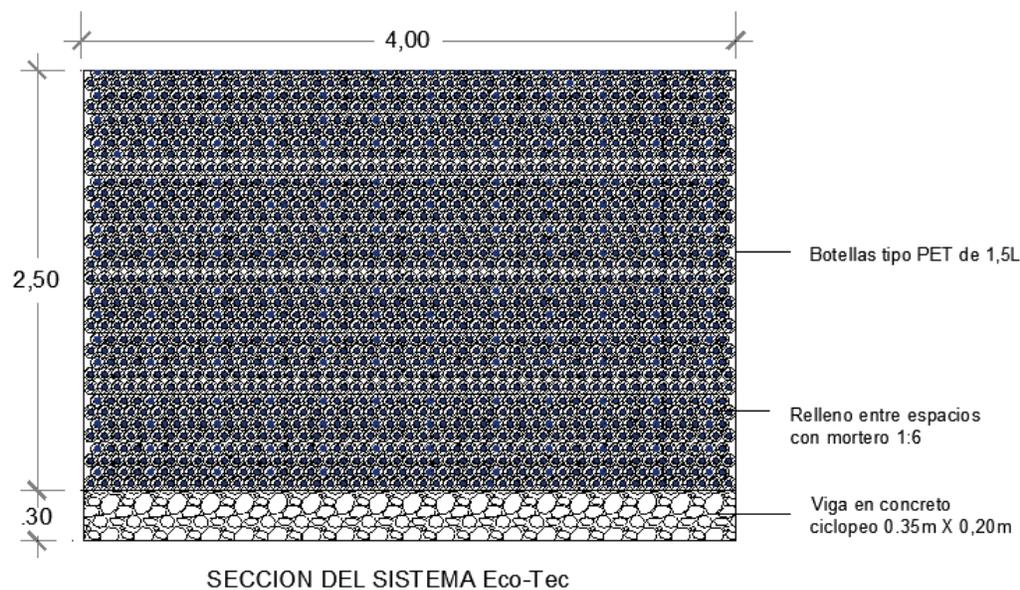
#### **4.2.3.2 Muros y proceso constructivo**

De acuerdo con (Ruiz, Lopez, Cortez, & Froese, 2012) “A medida que se van colocando las botellas se van amarrando por la cintura de la botella. Luego se procede a amarrar las tapas de las botellas, formando un amarre biométrico” es decir que la rigidez del sistema, dependerá del amarrado de las botellas por medio de cabuyas u otro biopolímero de gran rigidez, para el presente caso, se recomienda hacer módulos que no superen una luz de 1m para generar una mayor rigidez en el sistema e implementar una pega artesanal en cada hilada tipo bahareque, para el presente caso se incluirá un análisis con pega en mortero pobre de dosificación 1:6.

Luego de definir los elementos y detalles específicos se obtiene la siguiente sección del sistema Eco-Tec.

**Figura 18**

*Diseño Muro con Sistema Constructivo Eco-Tec.*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.3 Presupuesto construcción muro ECO-TEC sin refuerzo.

**Tabla 4**

*Presupuesto Construcción Muro ECO-TEC sin Refuerzo*

Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Muro con botellas pet. 1,5 lt, incluye mortero de pega 1:6	m <sup>2</sup>	10	\$37.009,75	\$370.097,51
2	Concreto ciclópeo de 0.30x0.30 de 3000 psi. (210kg/cm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	0,28	\$286.404,00	\$80.193,12
<b>TOTAL COSTO ACTIVIDAD MURO</b>					<b>\$450.290,63</b>

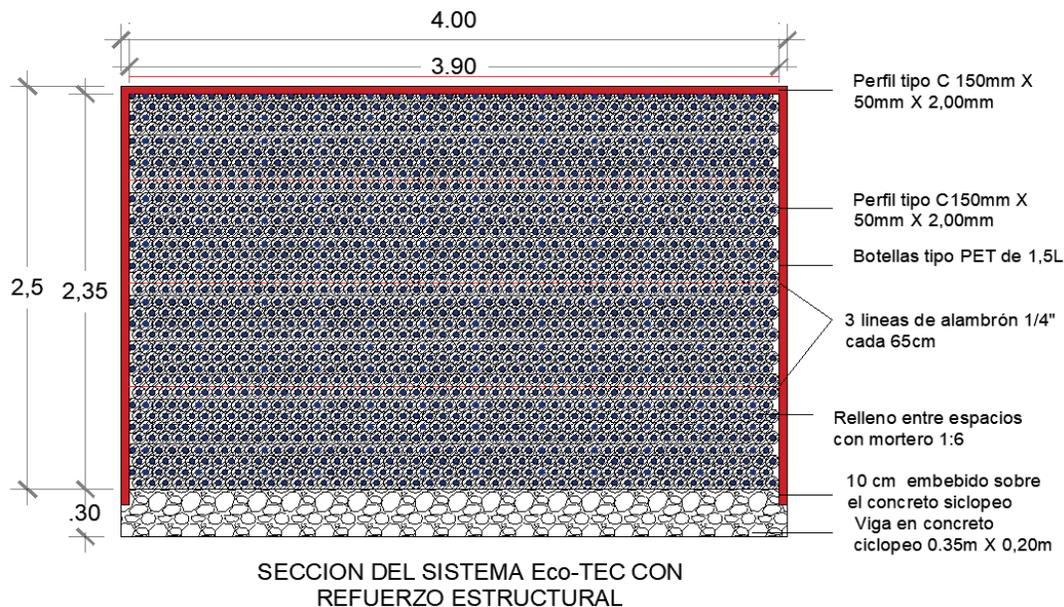
Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4 Dimensionamiento híbrido (sistema constructivo Eco-Tec con refuerzo estructural)

Como resultado del sistema tradicional y el proceso constructivo del sistema Eco-Tec, y teniendo en cuenta que el sistema no restringe la implementación de elementos estructurales, como valor agregado para el presente análisis se incluye el confinamiento por medio de perfilera metálica tipo C de 150 mm x 50 mm x 2 mm, en las luces establecidas por el dimensionamiento del sistema tradicional (4,0 m x 2,5 m), esta quedará embebida en la cimentación de concreto ciclópeo 10 cm, en los extremos superiores se soldará y cada 65 cm se incluirá por medio de soldadura la instalación de dos barras de alambón de 1/4", de lo anterior obtenemos la sección del elemento a analizar.

**Figura 19**

*Diseño Muro Híbrido (Sistema Constructivo Eco-Tec con Refuerzo Estructural)*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.4.1 Presupuesto construcción muro ECO-TEC con refuerzo estructural

Análisis de viabilidad del proceso de construcción de muros con botellas plásticas tipo

PET que sirva para el mejoramiento de la infraestructura física de las viviendas.

**Tabla 5**

*Presupuesto Construcción Muro ECO-TEC con Refuerzo Estructural*

Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Muro con botellas pet. 1,5 lt, incluye mortero de pega 1:6	m <sup>2</sup>	9,165	\$37.009,75	\$339.194,37
2	Concreto ciclópeo de 0.30x0.30 de 3000 psi. (210kg/cm <sup>2</sup> )	m <sup>3</sup>	0,36	\$286.404,00	\$103.105,44
3	estructura metálica en perfil PTE 150 mm X 50 mm X 2 mm	Kg	37,2	\$10.430,00	\$387.996,00
<b>TOTAL COSTO ACTIVIDAD MURO</b>					<b>\$830.295,81</b>

Fuente: Elaboración propia

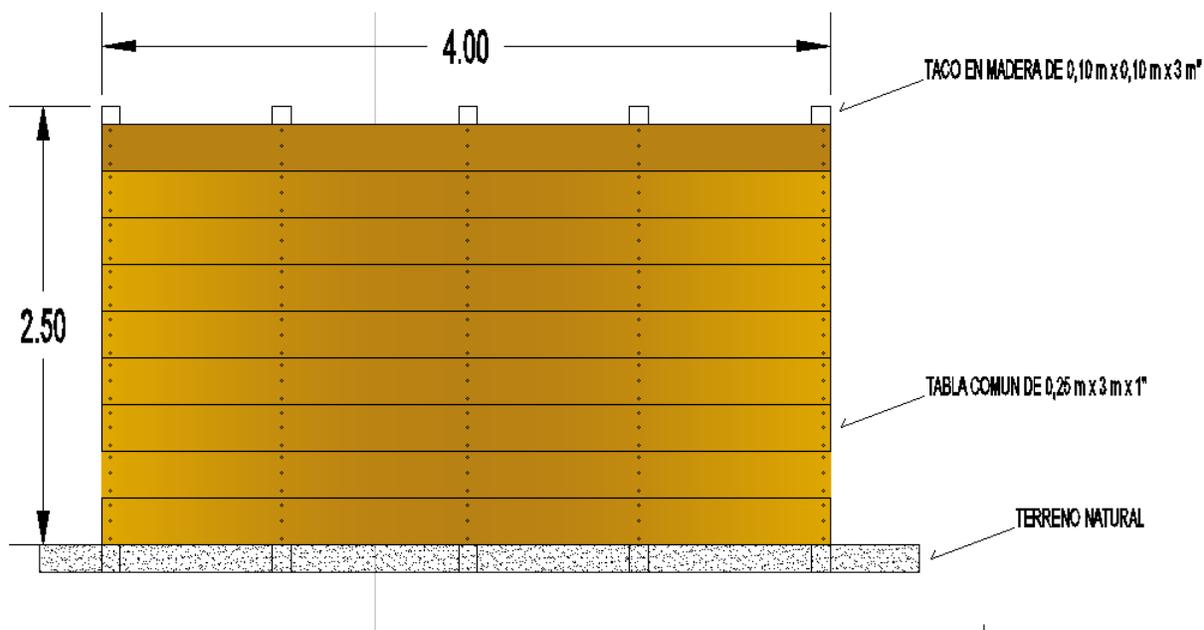
#### 4.2.5 Dimensionamiento y análisis de muros en madera

Como se relaciona en el diagnóstico detallado de cada una de las viviendas encuestadas para este caso de estudio, cabe señalar que el material usualmente utilizado para la construcción de las viviendas en el área rural del municipio del Bagre es en madera; ya que posiblemente es el material de fácil acceso económicamente por la población del sector. Cabe resaltar la empleabilidad de este material no da una solución a largo plazo de lo que se pretende con el uso del Muro ECOTECH, ya que por sus características naturales podemos encontrar que es un material muy vulnerable a contraer descomposición por agentes externos puesto que está sometido a los cambios climáticos de manera directa, provocando una disminución considerable en la vida útil de este elemento como solución de vivienda y un requerimiento de mantenimiento periódico.

A continuación, se presenta un esquema con la información básica para su respectivo análisis económico donde se da continuidad a las medidas empleadas de los demás sistemas constructivos (2,50m x 4,00m), teniendo en cuenta que se utilizaran tablas de madera de 25 cm de ancho, 3m de largo, 2,54 cm de espesor y tacos de madera con dimensiones de 10 cm de ancho, 10 cm de largo y 3 m de alto, repartidos a cada 1,00 m enterrando una parte del taco de 30 a 50 cm en el suelo natural.

**Figura 20**

*Diseño de Muro en Madera Usualmente Utilizado*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.5.1 Presupuesto construcción muro en madera.

**Tabla 6**

*Presupuesto de Construcción Muro en Madera*

Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Precio unitario	Precio total
------	-------------	-----	----------	-----------------	--------------

1	MURO EN TABLA COMUN DE 1" INCLUYE TACOS DE MADERA DE 0,10 M X 0,10M X 3 M	m <sup>2</sup>	10	\$46.324,40	\$463.244,00
<b>TOTAL COSTO ACTIVIDAD MURO</b>					<b>\$463.244,00</b>

Fuente: Elaboración propia

#### **4.2.6 Matriz de priorización y análisis técnico – económico.**

Al dimensionar y evaluar económicamente cada uno de los procesos constructivos planteados, incluimos los valores obtenidos en cada actividad aplicable de acuerdo con el sistema constructivo de lo cual obtenemos los siguientes valores totales.

**Tabla 7***Matriz de Priorización y Análisis Técnico-Económico*

Descripción	Bloque h5 0,12x0,20x0 ,30 m	Viga de cimentación en concreto de 3000 psi	Concreto ciclópeo de 0.30x0.30 de 3000 psi. (210kg/cm <sup>2</sup> )	Concreto de 3000 psi (210kg/cm <sup>2</sup> ) para columnetas de confinamiento	Viga de amarre de (0.12x0.17m) ; concreto 3000 psi, incluye acero de refuerzo	Acero de refuerzo 60.000 psi (4200kg/cm <sup>2</sup> )	Muro con botellas pet. 1,5 lt, incluye mortero de pega 1:6	Estructura metálica en perfil pte 150 mm x 50 mm x 2 mm	Muro en tabla común de 1" incluye tacos de madera de 0,10 m x 0,10m x 3 m	Valor total
<b>Mampostería Estructural</b>	\$392.220,57	\$116.936,70	\$103.105,44	\$73.635,37	\$148.780,00	\$296.850,26	\$0,00	\$0,00	\$0,00	<b>\$1.131.528,33</b>
<b>Mampostería Eco-Tec confinada</b>	\$0,00	\$0,00	\$103.105,44	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$339.194,37	\$387.996,00	\$0,00	<b>\$830.295,81</b>
<b>Mampostería Eco-Tec</b>	\$0,00	\$0,00	\$80.193,12	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$370.097,51	\$0,00	\$0,00	<b>\$450.290,63</b>
<b>Muro en Madera</b>	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$0,00	\$463.244,00	<b>\$463.244,00</b>

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar el sistema ECO-TEC, es el sistema constructivo más económico de los cuatro analizado, obteniendo un valor total de 40% en comparación con el sistema tradicional y \$12.954 pesos más económico que el sistema constructivo de madera, obteniendo así viabilidad económica.

Cabe resaltar que el sistema ECO-TEC, no es una solución técnica establecida con normatividad sismorresistente, sin embargo, a la fecha se han construido un sin número de soluciones habitacionales para comunidades en condiciones especiales, así mismo, realizado talleres, pruebas de laboratorio y análisis de mejora con el fin de optimizar los procesos y obtener un sistema constructivo seguro.

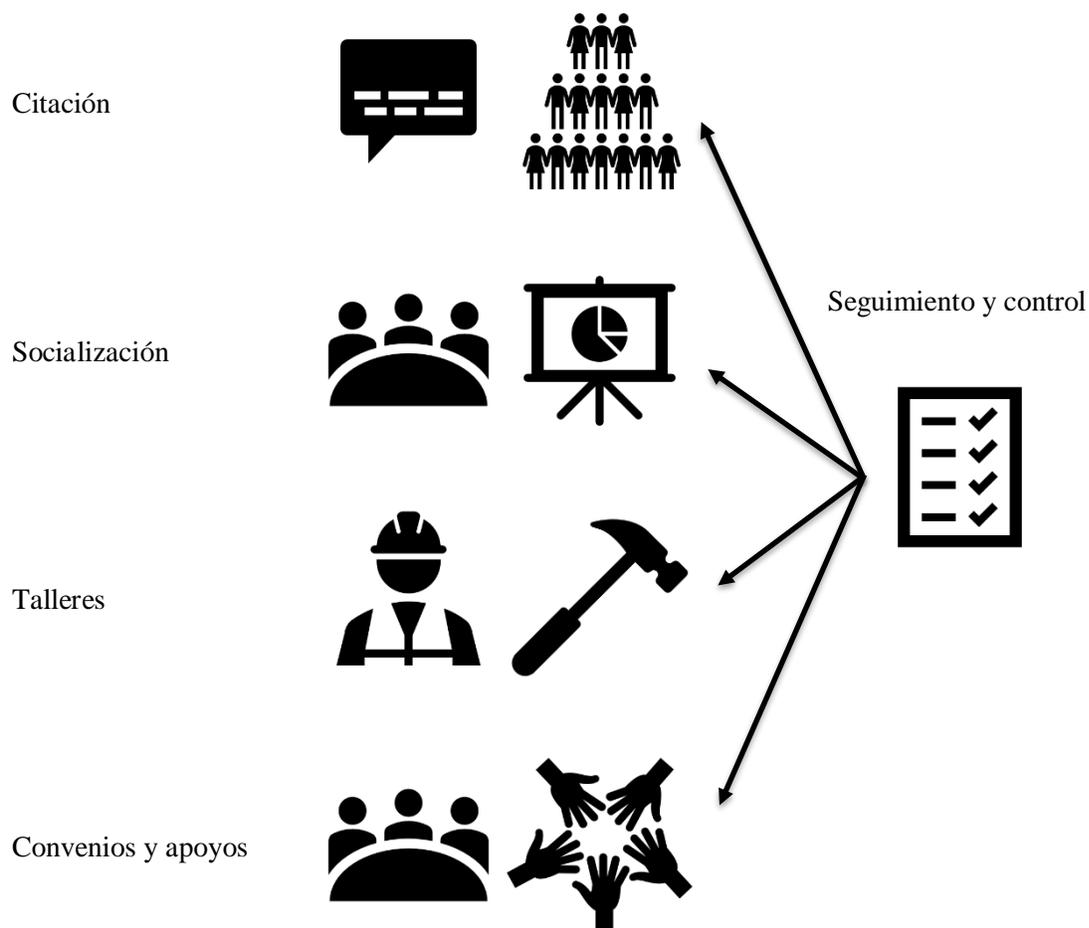
#### **4.3 Estrategia de divulgación**

Con el fin de generar un acercamiento entre el proceso constructivo ECO-TEC y la comunidad del Bagre – Antioquia y medir la receptibilidad, se plantea establecer una estrategia de divulgación para las familias encuestadas teniendo en cuenta que ya se generó un primer acercamiento con esta comunidad; la finalidad del proceso es enseñar las bondades económicas, constructivas, ambientales, sociales y de durabilidad, que ofrece el sistema, establecer una programación de talleres prácticos para ver la versatilidad del proceso y crear convenios con locales comerciales para facilitar el acceso de la materia prima, para esto la estrategia se dividirá en 4 etapas de ejecución y un seguimiento y control transversal a todo el proceso de divulgación:

### 4.3.1 Etapas de la Estrategia de Divulgación

**Figura 21**

*Etapas de la Estrategia de Divulgación*



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1.1 Citación y primer acercamiento.

Para generar una divulgación asertiva, el profesional social en compañía del auxiliar de la zona, deberán generar una estrategia de acercamiento con los actores y líderes de las veredas a intervenir, con el fin de encontrar espacios adecuados para generar las actividades de

socialización y talleres temáticos, esto acompañado de entrega de folletos de citación con las familias encuestadas, así mismo se realizará una base de datos de los posibles participantes para tener una adecuada comunicación y transferencia de información relevante, el profesional social, archivará toda la información de actores y concertará con la comunidad los horarios de la socialización.

#### **4.3.1.2 Socialización**

En esta etapa, se realizará la socialización de los datos obtenidos en la presente investigación. Se mostrarán las condiciones generales de las viviendas y las características de vulnerabilidad social, como lo es la falta de espacios adecuados para los sistemas sanitarios, viviendas de ambientes únicos con un promedio de 4 ocupantes y espacios inadecuados para la elaboración de alimentos.

En la presente evaluación y socialización, se deberá resaltar la alternativa constructiva optada por la mayoría de las familias encuestadas, como es la construcción por medio de la madera sin procesos de inmunización y trabajos técnicamente garantizados; este proceso proporciona ambientes de inseguridad, no se garantiza las afectaciones climáticas y además al ser un material biodegradable genera un cambio periódico, generando gastos de mantenimiento considerables.

Se explicará cómo el sistema constructivo ECO-TEC se ha implementado de manera constante en diversas partes del mundo, lo que ha permitido generar una metodología eficiente, siempre buscando la seguridad de quienes hacen uso de este. Así mismo, las botellas plásticas generan una garantía de durabilidad, dado el tiempo de degradación de este material; adicionalmente, el espesor de los muros y el relleno, conllevan a generar una especie de aislante térmico, que puede beneficiar las altas temperaturas de la región.

Para finalizar, se enseñará el proceso comparativo de los valores económicos, la posibilidad de realizar la construcción de manera autónoma y la invitación al taller práctico para evaluar en campo cómo se deberá realizar el proceso constructivo.

#### **4.3.1.3 Taller práctico**

Para la programación de los talleres, el técnico de obra civil y el auxiliar de obra, deberán de generar la logística adecuada para el transporte de los insumos que serán utilizados en la ejecución de la actividad (Botellas, arena, cemento y cabuya) todo esto con la programación y horarios concertados entre la profesional social y la comunidad.

En campo, se realizarán los procesos de llenado de material, limpieza de la base, alineamiento e instalación de las botellas; la actividad tendrá dos momentos, el primero será la construcción a cargo del personal de obra y en el segundo se realizarán las actividades involucrando a los asistentes, con el fin de evaluar las dudas y presentar sugerencias y correcciones.

Al finalizar los talleres, se realizará una encuesta de satisfacción y aceptación en cuanto al proceso constructivo.

#### **4.3.1.4 Convenios y apoyos.**

Como actividad final de la estrategia, se comprende que el sistema requiere una cantidad considerable de botellas para su ejecución, por lo que no se considera viable la recolección por parte de cada uno de los hogares. Por tal motivo, se buscará durante dos semanas convenios con comerciantes (fuentes de soda, cafeterías, tiendas y entes que apliquen), acordando el proceso logístico de recolección periódica de materia prima.

De igual manera, se deberá realizar un acercamiento con el municipio, con el fin de evaluar estrategias públicas. El profesional social, deberá informar detalladamente cuales convenios y apoyos se lograron realizar y la logística a seguir.

#### **4.3.1.5 Seguimiento y control**

El control y seguimiento se llevará a cabo durante la ejecución de cada una de las etapas de la estrategia de divulgación, esto con el fin de comprobar la adecuada ejecución de dichas etapas a su vez de tener un respaldo para procesos de auditoria. Para ello, se deberá contar con formatos de recibido de folletos (**Ver anexo 7**), actas de asistencia a socialización y talleres (**Ver anexo 6**), registro fotográfico con rotulo de fecha de cada actividad realizada (**Ver anexo 4**) y para los convenios y apoyos conseguidos para la adquisición de la materia prima se debe contar con un acta general (**Ver anexo 6**), en la que se describan los compromisos adquiridos en cada una de las actividades. Una vez finalizado el proceso, la profesional social deberá entregar un informe con toda la documentación en físico y en formato digital.

Adicionalmente, se deberá evaluar semanalmente, los hitos programados de acuerdo con el cronograma de actividades, con el fin de garantizar el cumplimiento al plan de trabajo y al flujo de inversión propuesto.

#### **4.3.2 Presupuesto, cronograma de actividades y flujo de inversión**

Para la estrategia propuesta, se evalúan los recursos económicos necesarios y el tiempo de ejecución de las distintas etapas; para la ejecución del proceso se necesitarán de un profesional social, técnico en obras civiles y auxiliar de obra; estos realizaras las siguientes funciones:

Profesional social: Personal profesional que estará a cargo del acercamiento y trato directo con la comunidad y actores externos como presidentes de la junta y posibles colaboradores, estará durante todas las ejecuciones de la divulgación.

Auxiliar de obra: Personal encargado de conocer las vías rurales, apoyará la logística de las distintas etapas, deberá tener conocimientos técnicos como oficial de obra para ejecución de los talleres prácticos.

Técnico en obras civiles: Encargado de acompañar las etapas de socialización, los beneficios constructivos y recomendaciones en talleres.

También se evaluará los gastos de materiales, folletos y transporte de los materiales para utilizar en la etapa de talleres; por lo cual se obtuvo el siguiente presupuesto.

**Tabla 8**

*Presupuesto Estrategia de Divulgación*

Ítem	Descripción	Und	Cantidad	Precio unitario	Precio total
<b>1.</b>	<b>Personal</b>				
1.1.	Profesional social - Incluye prestaciones sociales	Mes	2	\$3.473.000,00	\$6.946.000,00
1.2.	Auxiliar de obra - Incluye prestaciones sociales	Mes	2	\$1.478.328,26	\$2.956.657,00
1.3.	Técnico de obras civiles - Incluye prestaciones sociales	Mes	1,5	\$1.918.454,00	\$2.877.681,00
<b>2.</b>	<b>Gastos administrativos</b>				
2.1	Localización social y técnico	Mes	3,5	\$550.000,00	\$1.925.000,00
2.2	Volantes	Und	300	\$200,00	\$60.000,00
2.3	Transporte insumos	Und	20	\$20.000,00	\$400.000,00
<b>3.</b>	<b>Materiales</b>				

3.1	Arena	m <sup>3</sup>	7	\$62.000,00	\$434.000,00
3.2	Cemento gris x 50Kg	Und	10	\$31.000,00	\$310.000,00
<b>TOTAL, COSTO ESTRATEGIA</b>					<b>\$15.909.338,00</b>

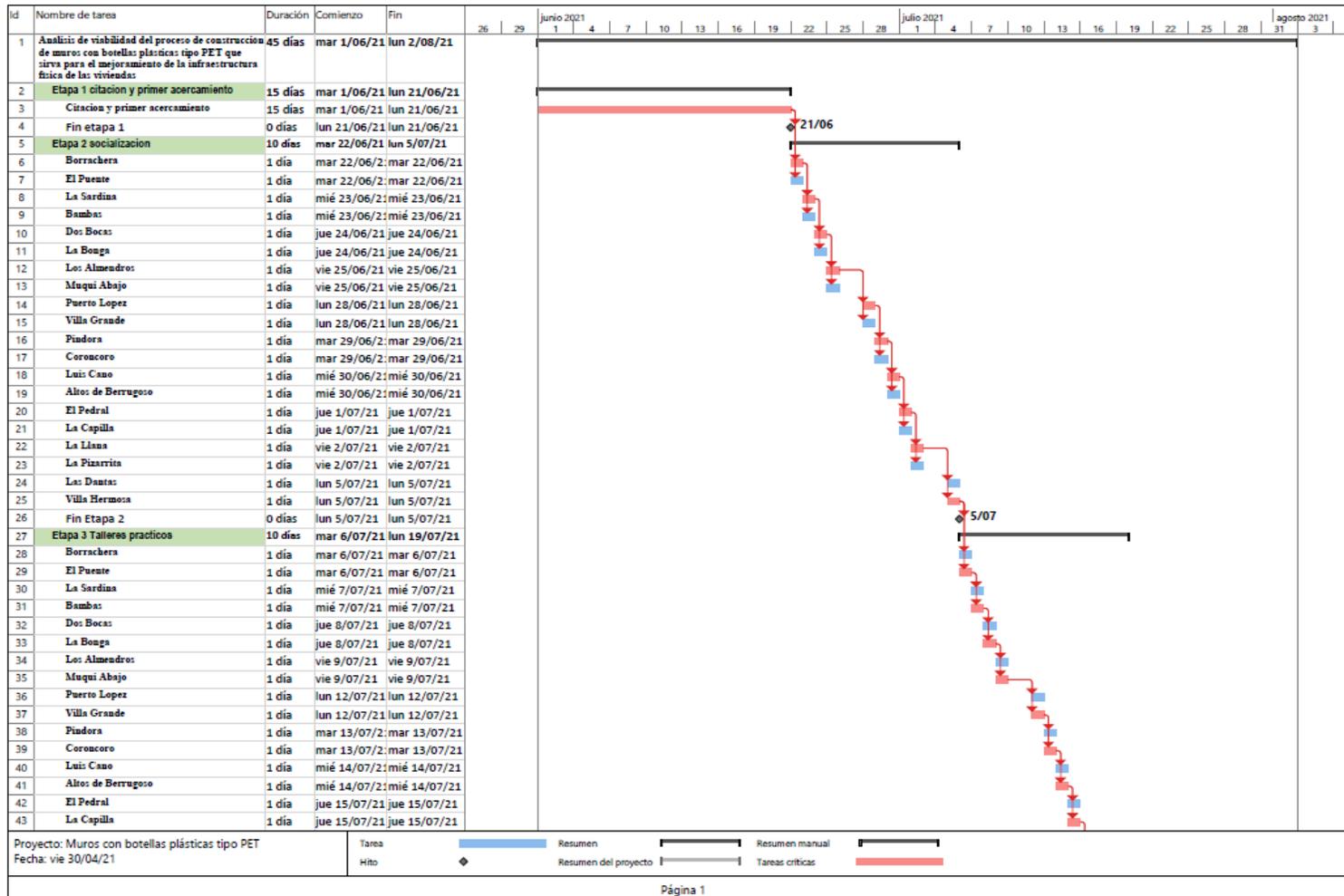
Fuente: Elaboración propia

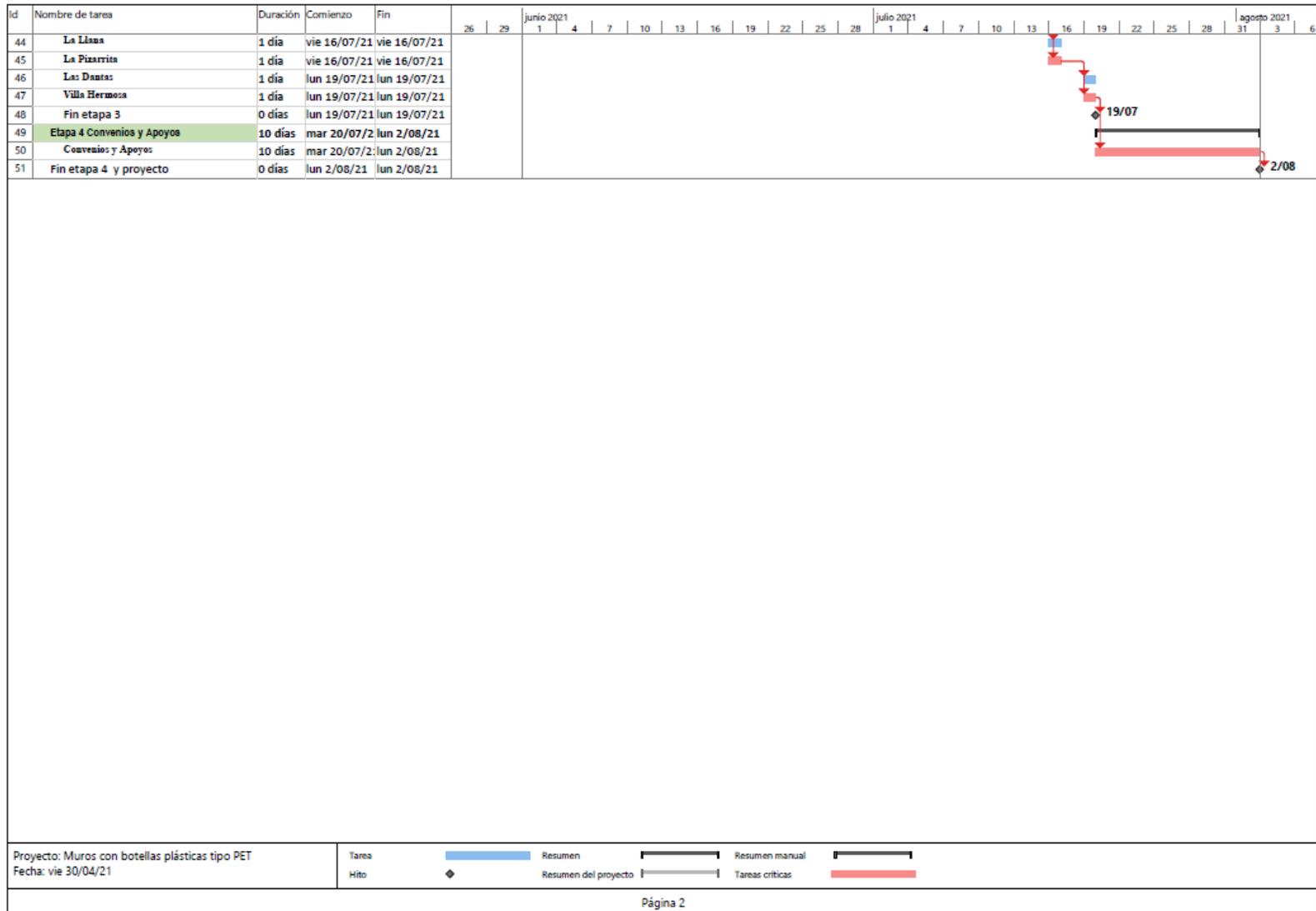
Para el análisis del cronograma de actividades, se realizó el proceso mediante el programa Microsoft Project; en la primera etapa, se destinaron 15 días hábiles para el acercamiento y citación con la comunidad, durante la segunda etapa, se dispone de 10 días hábiles, donde se realizarán las socializaciones en dos jornadas, es decir durante el día se realizara una socialización en la mañana y otra en la tarde en distintas veredas, la misma mecánica se replicará en la ejecución de talleres, por lo cual se establecen 10 días hábiles en la tercera etapa y para finalizar en la cuarta etapa, se realizará un trabajo de búsqueda de convenios y apoyo por terceros.

En la programación obtenida por medio del Project, se registra una duración de la estrategia de dos meses, se presenta por medio de diagrama de GANT:

Figura 22

Diagrama de GANT de Estrategia de Socialización





Fuente: Elaboración propia

Para complementar el proceso de los presupuestado, se realiza un análisis del flujo de caja semanal y de la curva S, con el fin de revisar los recursos necesarios a inyectar durante las diez semanas de ejecución, por lo cual se obtuvieron los siguientes datos:

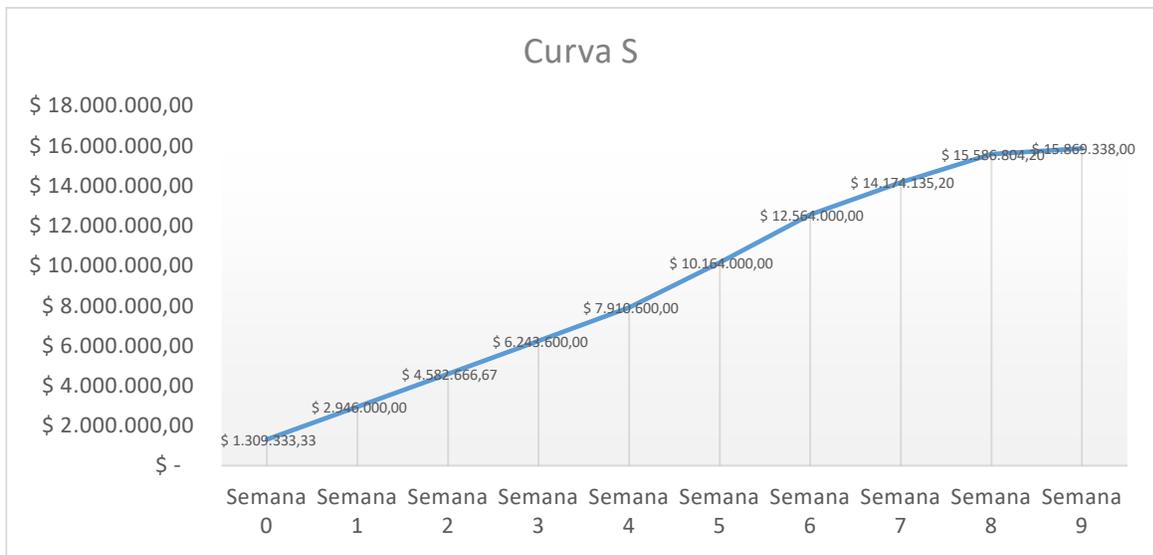
**Tabla 9***Flujo de Inversión de Estrategia de Socialización*

Descripción	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
<b>Etapa 1</b>	\$1.309.333,33	\$1.636.666,67	\$1.636.666,67	\$327.333,33						
<b>Etapa 2</b>				\$1.333.600,00	\$1.667.000,00	\$333.400,00				
<b>Etapa 3</b>						\$1.920.000,00	\$2.400.000,00	\$480.000,00		
<b>Etapa 4</b>								\$1.130.135,20	\$1.412.669,00	\$282.533,80
<b>TOTAL</b>	<b>\$1.309.333,33</b>	<b>\$1.636.666,67</b>	<b>\$1.636.666,67</b>	<b>\$1.660.933,33</b>	<b>\$1.667.000,00</b>	<b>\$2.253.400,00</b>	<b>\$2.400.000,00</b>	<b>\$1.610.135,20</b>	<b>\$1.412.669,00</b>	<b>\$282.533,80</b>
<b>Total acumulado</b>	<b>\$1.309.333,33</b>	<b>\$2.946.000,00</b>	<b>\$4.582.666,67</b>	<b>\$6.243.600,00</b>	<b>\$7.910.600,00</b>	<b>\$10.164.000,0</b>	<b>\$12.564.000,0</b>	<b>\$14.174.135,2</b>	<b>\$15.586.804,2</b>	<b>\$15.869.338,0</b>
						<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 23**

*Curva S del Flujo de Inversión de la Estrategia de Divulgación*



Fuente: Elaboración propia

## Capítulo 5

Análisis de relaciones entre los hallazgos con el desarrollo de la problemática o hipótesis planteada.

### 5.1 Conclusiones

Durante la ejecución de las estrategias para la evaluación de la problemática social de vivienda y desarrollo en el área rural el municipio del Bagre Antioquia, se permitió comparar fuentes estadísticas, bases de datos de las entidades estatales y estudios técnicos, por lo que, al lograr los objetivos planteados en la presente investigación, fue posible determinar las siguientes conclusiones:

- Por medio de la toma de encuestas en campo, se valida una cantidad considerable de afectaciones habitacionales en la comunidad del área rural del Bagre Antioquia, tal como se especifica en la muestra objetivo, la comunidad se acentúa en su gran mayoría en viviendas que no cumplen con los requerimientos mínimos de habitabilidad, por lo que es necesario implementar procesos de apoyo a la mejora de dichas viviendas, bien sea por programas oficiales o implementando la solución de mampostería ECO-TEC.

- Mediante el análisis técnico de la mampostería estructural, en cumplimiento con la normatividad vigente en Colombia, se aclara que el proceso constructivo ECO-TEC es una solución opcional, la cual establece unos estándares de confort y aplicabilidad; sin embargo, no hay una normatividad vigente en la actualidad que haga el aval para este tipo de solución habitacional; por lo que los elementos allí empleados no rempazan de manera sismorresistentes los procesos tradicionales.

- Para generar una aceptación medible en la comunidad del Bagre, es necesaria la divulgación de resultados obtenidos por la presente investigación, como también se deberá

presentar talleres prácticos como se han elaborado en distintas partes de latinoamericana y Colombia, donde se permite exponer de manera practica el modelo constructivo con el fin de generar un acercamiento visual y tangible.

## **5.2 Recomendaciones**

- La investigación desarrollada establece la viabilidad técnica y económica al proceso constructivo ECO-TEC, el cual se comparó con los parámetros constructivos usados de manera tradicional por los hogares de la zona rural del Bagre Antioquia, sin embargo, la construcción al requerir un promedio de 121 botellas/ $m^2$ , genera una limitante a cada familia por la gran cantidad de materia prima a utilizar, por lo que se recomienda establecer procesos de recolección y fuente externa para esta materia prima.

- Para la elaboración del muro ECO-TEC, se recomienda que el terreno donde se proyecte elaborar dicha solución sea un terreno natural consolidado sin afectaciones geológicas o erosiones de forma indirecta, esto con el propósito de brindar una mejor estabilidad al sistema constructivo empleado.

## Referencias

- Alcaldía Municipal del Bagre. (2020 - 2023). *Plan de desarrollo Municipal*. Obtenido de [https://concejoelbagre.micolombiadigital.gov.co/sites/concejoelbagre/content/files/000359/17903\\_plan-de-desarrollo-el-bagre-aprobado.pdf](https://concejoelbagre.micolombiadigital.gov.co/sites/concejoelbagre/content/files/000359/17903_plan-de-desarrollo-el-bagre-aprobado.pdf)
- B.I.D, b. i. (diciembre de 2000). Obtenido de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Un-Nuevo-Impulso-a-la-Integraci%C3%B3n-de-la-Infraestructura-Regional-en-Am%C3%A9rica-del-Sur.pdf>
- Baró, I. M. (Octubre de 1985). El Hacinamiento residencial: Ideologización y verdad de un problema real. *Revista de Psicología social* , 50.
- Constitucion Política de Colombia. (1991).
- Construmática*. (s.f.). Obtenido de Construmática: <https://www.construmatica.com/construpedia/Fachadas>
- DANE. (2018). *Censo nacional de población y vivienda*. El Bagre - Antioquia. Obtenido de <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/app/views/informacion/fichas/05.pdf>
- DAPRE. (2019). *GUÍA PARA LA ELABORACIÓN Y CONTROL DE DOCUMENTOS DEL SIGEPRE*. Bogotá. Obtenido de <https://dapre.presidencia.gov.co/dapre/DocumentosSIGEPRE/G-DE-01-elaboracion-control-documentos.pdf>
- Ecoinventos. (9 de Enero de 2019). Obtenido de <https://ecoinventos.com/wat-pa-maha-kaen-el-templo-de-las-botellas-de-cerveza>
- Econoticias. (2015 de Noviembre de 2015). *Econoticias*. Obtenido de <https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/108684/Mike-Reynolds-arquitecto-basura>
- El Heraldo . (19 de Enero de 2014). La casa de botellas está en Riohacha. pág. 1. Obtenido de <https://www.elheraldo.co/la-guajira/la-casa-de-botellas-esta-en-riohacha-139565>
- esan*. (8 de 03 de 2017). Obtenido de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/03/que-son-los-estudios-de-viabilidad/>
- GREENPEACE. (2018). *COLOMBIA, MEJOR SIN PLASTICO* . Obtenido de [http://greenpeace.co/pdf/reporte\\_plasticos.pdf](http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf)
- Greenpeace. (s.f.). Obtenido de <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación - Sexta Edición*. McGraw Hill.
- Marines, M. (28 de Mayo de 2018). Las construcciones ecológicas de Andreas Froese. pág. 1. Obtenido de <https://vanguardia.com.mx/articulo/las-construcciones-ecologicas-de-andreas-froese#.Ww6b7SDWjKB>

- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial . (2010). *NSR - 10 Título D mamposteria estructural* . Obtenido de <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/4titulo-d-nsr-100.pdf>
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). *NSR-10 Titulo A*.
- Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). *NSR-10 Titulo E - Casa de uno y dos pisos*.
- Navarro, H. L. (2017). *an+alisis de la eficiencia del proceso constructivo tradicional e industrializado en la partida de estructuras del centro comercial "Open Plaza Huancayo"*. Obtenido de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/3548/1/INV\\_FIN\\_105\\_TE\\_Heredia\\_Navarro\\_2017.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/3548/1/INV_FIN_105_TE_Heredia_Navarro_2017.pdf)
- ONU. (2017 de Mayo de 2017). Obtenido de <https://news.un.org/es/story/2017/05/1378771>
- oscarbarbieri*. (s.f.). Obtenido de <https://www.oscarbarbieri.com/que-es-el-reciclaje>
- Plan de desarrollo Gubernamental de Antioquia 2020-2023. (2020). *Gobernación de Antioquia*. Obtenido de <https://plandesarrollo.antioquia.gov.co/>
- Plan de Gestion ambiental regional (2020-2023). (2020). *Corantioquia*. Obtenido de [https://corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Planeaci%C3%B3n/L%C3%ADneas%20estrat%C3%A9gicas\\_PGAR\\_2020-2031.pdf](https://corantioquia.gov.co/SiteAssets/PDF/Planeaci%C3%B3n/L%C3%ADneas%20estrat%C3%A9gicas_PGAR_2020-2031.pdf)
- Plan Nacional de Desarrollo 2018 - 2022. (2018). *Colaboracion DNP*. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Resumen-PND2018-2022-final.pdf>
- QuimiNet. (22 de Noviembre de 2005). Obtenido de <https://www.quiminet.com/articulos/historia-del-pet-2561181.htm>
- RODAS, C., & ORDOÑEZ, J. (2016). DESARROLLO TECNOLÓGICO, INVESTIGATIVO Y EXPERIMENTAL DE ECOBLOQUES DE HORMIGÓN EN BASE A VIDRIO Y POLIETILENO DE TEREFALATO ( PET) RECICLADO, ALTERNATIVA SUSTENTABLE AL BLOQUE TRADICIONAL. CUENCA, ECUADOR.
- Ruiz, D., Lopez, C., Cortez, E., & Froese, A. (2012). Nuevas alternativas en la construcción: botellas pet con relleno de tierra. 5.
- Universidad de Antioquia. (2020). *El Bagre guía base para la reactivación económica*. Medellín. Obtenido de <http://portal.udea.edu.co/wps/wcm/connect/udea/03dec8d2-9c04-4ef1-a359-64f824bc184a/112.+El+Bagre.pdf?MOD=AJPERES&CVID=naluQNM#:~:text=De%20acuerdo%20con%20los%20datos,la%20del%20Departamento%20de%20Antioquia>.
- Yovane, A. K. (2003). Reacondicionamiento bioclimático de viviendas de segunda residencia en clima mediterráneo. Barcelona.

## Apéndices

## **Anexos**

Anexo 1\_Visitas

Anexo 2\_Base de datos

Anexo 3\_Formatos APU

Anexo 4\_Formato registro fotográfico

Anexo 5\_Formato de asistencia

Anexo 6\_Formato actas de reunión

Anexo 7\_Formato entrega de folleto