

Aprovechamiento de residuos de material PET en construcción de viviendas tipo rural en

Colombia

Elaborado por:

Fernando Octavio Ortiz Marín

Programa: Especialización en gerencia de proyectos

María Angélica Rodríguez Peña

Programa: Especialización en gerencia de proyectos

Lina Fernanda Urrego Cortes

Programa: Especialización en gerencia de proyectos

Universidad EAN

Escuela de Formación en Investigación

Seminario de Investigación de Pregrado

Bogotá

22/05/2023

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	8
Problema de Investigación	9
Objetivos	11
Objetivo general.....	11
Objetivos específicos	11
Justificación.....	12
Marco Teórico.....	13
Reciclaje en el mundo.....	13
Reciclaje en Colombia.....	16
Plásticos reciclables	20
Tereftalato de polietileno - PET	21
Vivienda en Colombia	22
Empresas de reciclaje y aprovechamiento:	26
ECO-TEC.....	26
Ecobloque tipo Lego	26
Participación de la mujer en la construcción.....	27
Normas Técnicas	28

Normas ICONTEC - NSR.....	28
Normas NTC.....	30
Norma Técnica Colombiana con Sello Ambiental.....	34
Metodología Primer Nivel.....	35
Enfoque, alcance y diseño de la investigación.....	35
Definición de Variables.....	36
Definición conceptual.....	37
Población y Muestra.....	39
Metodología Segundo Nivel.....	42
Tipo de Investigación.....	44
Técnicas de recolección.....	44
Clasificación.....	44
Análisis de la información recopilada.....	45
Técnicas de análisis de datos.....	45
Análisis y discusión de los resultados.....	47
Metodología de reúso del material PET dentro de la construcción de la vivienda.....	47
Comparativo entre viviendas con construcción tradicional y con material reciclable PET.....	59
Estrategias para fomentar el reciclaje ligado a los proyectos de construcción de viviendas con plástico PET.....	66

Problemáticas en la construcción de una vivienda con PET y sus distinciones con las viviendas convencionales.....	67
Conclusiones	71
Referencias.....	74
Anexo 01	82
Anexo 02.....	85

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Características de los plásticos reciclables y aplicaciones generales.....	20
Tabla 2. Licitaciones públicas vivienda rural 2023	25
Tabla 3 Características de daños	29
Tabla 4 Propiedades físicas de mampostería no estructural.....	32
Tabla 5 Tasa Inicial de Absorción	33
Tabla 6 Espesor de paredes y tabiques para mampostería no estructural	33
Tabla 7. Variables de la Investigación	37
Tabla 8 Características físicas materiales	46
Tabla 9 Propiedades físicas de bloques plástico para la construcción	48
Tabla 10 Propiedades de materiales para la construcción.....	49
Tabla 11 Contenido diferentes mezclas para construcción	51
Tabla 12. Peso Modelos Bloques	59
Tabla 13. Costo vivienda sistema tradicional	61
Tabla 14. Costo vivienda con material PET.....	62
Tabla 15. Análisis de tiempo de construcción	65

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Desperdicio de plástico en el mundo (Hanna, 2018)	13
Ilustración 2 Producción global de plástico	14
Ilustración 3.Desperdicio plástico per cápita 2019	15
Ilustración 4. Producción de plástico mundial	16
Ilustración 5 Distribución de residuos aprovechados en Bogotá 2017	18
Ilustración 6 Tipo de residuos plásticos aprovechados en Bogotá 2017.....	19
Ilustración 7 Material plástico posconsumo transformado por empresas de Bogotá 2019	19
Ilustración 8 Nomenclatura de los tipos de plásticos	21
Ilustración 9 Modelo de construcción ECO-TECH	26
Ilustración 10 Ejemplo de ladrillo con material de envases PET	28
Ilustración 11 Intensidad Sísmica Esperada Bogotá y alrededores.....	40
Ilustración 12 Intensidad Máxima Observada Bogotá y alrededores.....	40
Ilustración 13 Zonas de amenaza Bogotá y alrededores	41
Ilustración 14 Eventos localizados en Bogotá y alrededores desde 2018.....	41
Ilustración 15 Eventos localizados en Bogotá y alrededores desde 1993 - 2018.....	42
Ilustración 16. Modelo Vivienda.....	60
Ilustración Producto Postes Plásticos del Sur	83
Ilustración Proceso de fabricación madera plástica en MPC	84
Ilustración Bloque plástico para la construcción	84
Ilustración Sistema ecobloque Homencell	85

LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Características bloques plásticos.....	49
Gráfica 2 Composición de bloques para la construcción.....	52
Gráfica 3 Resistencia de mezclas.....	53
Gráfica 4 Edad de la población.....	54
Gráfica 5 Género de la población.....	55
Gráfica 6 Situación de vivienda de la población.....	55
Gráfica 7 Interesados en la construcción de viviendas con plástico.....	56
Gráfica 8 Características de una vivienda ecosostenible deseables por la población.....	57
Gráfica 9 Población dispuesta a la adquisición de vivienda ecosostenible.....	58
Gráfica 10 Población dispuesta a participar en la construcción de viviendas.....	58
Gráfica 11 Comparativo de costos.....	63
Gráfica 12 Analisis por capítulos.....	64
Gráfica 13 Análisis tiempo de construcción.....	65
Gráfica 14 Costo por m2.....	66

RESUMEN

La alta generación de desechos a nivel mundial la cual es aproximadamente 300 millones de toneladas de desperdicio de plástico al año (UNEP, 2019) y por otro lado, el crecimiento poblacional en zona rural; conlleva a una escasez de vivienda; son dos situaciones que pueden unirse en la búsqueda de una solución de construcción de vivienda para zona rural en Colombia mediante el uso de residuos PET. El foco es buscar cómo aportar a la sociedad y medio ambiente aprovechando los múltiples estudios realizados en cuanto aprovechamiento de PET como material de construcción.

En esta instancia, se plantea cual va a ser la metodología de la investigación, su enfoque, alcance, las variables a emplear y los instrumentos de medición.

Palabras clave: Vivienda; PET; desperdicio de plástico; zona rural

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Es de conocimiento público que los recursos naturales cada día son menos y que el calentamiento global es una razón para preocuparse, razón por la cual toma importancia el aprovechamiento de residuos. En Colombia, según información del reporte del 2021, son aproximadamente 11.9 millones de toneladas de residuos al año (SSP, 2021) y según (GREENPEACE, s.f.), se consume 1.250.000 toneladas de plásticos por año, de los cuales el 74% de los envases terminan en rellenos sanitarios. Según la revista (SEMANA, 2019), en Colombia, en promedio se recogen tan solo 4.000 toneladas de PET reciclaje al mes, es decir 48.000 toneladas aproximadamente al año y de cada 10 botellas que salen al mercado solo se reciclan de 2.5 a 3 unidades.

El consumo desmedido de los recursos naturales, de las industrias y en general de la vida cotidiana de una humanidad irresponsable son evidencias y llamados a un cambio. La gestión de residuos, y en particular la reutilización de materiales de desecho es una estrategia que poco a poco toma fuerza en la sociedad (Cuello y Arrauth, 2019).

En la actualidad existen varios tipos de residuos plásticos que son reciclables, dentro de los cuales se encuentra el PVC, PS, PP, PET, HDPE, Low DPE, polietileno, poliamidas y metacrilato de polimetilo (PMMA) (Nyika & Dinka, 2022), cada uno posee características físicas y químicas diferentes que permiten darles una segunda vida en otro tipo de elementos. Dentro del proceso de reciclaje existen varios pasos a seguir el cual empieza por recoger de los depósitos de basura, llevarlos al centro de reciclaje, luego se procede con su clasificación (para el caso del PET debe hacerse de forma manual para garantizar que solo se trabaje con botellas PET) (Palapa,

2013), lo que sigue es la limpieza y trituración, para posteriormente realizar la paletización y así poder procesarlo térmicamente para manufacturar nuevos productos (Nyika & Dinka, 2022). En Colombia existen varias empresas dedicadas al reciclaje del plástico, realizando la separación de residuos y brindando nuevas oportunidades de trabajo con un alto impacto ambiental. Empresas como CEMPRE que buscan además del reciclaje como negocio fomentar una la cultura de economía circular para mejorar e impactar los índices de reciclaje del país (CEMPRE, 2023).

Por otro lado, existe otra problemática en el país y es el déficit de una vivienda digna, según el boletín técnico del DANE, el índice de déficit habitacional en Colombia el 2021 fue el 31% de los hogares, los cuales representan 5.240 miles hogares colombianos. A partir de los datos presentados, el 7.5% de estos hogares se encontraban en déficit cuantitativo, que cuentan con deficiencias estructurales y de espacio que no tienen opción de mejora; el 23.5% representan un déficit cualitativo que significa que las viviendas cuentan con deficiencias no estructurales con opción de mejora y el porcentaje de hogares en déficit habitacional para centros poblados y rurales fue del 68.2 (DANE, 2022). Adicionalmente el gobierno colombiano y la ministra de vivienda, Catalina Velasco afirmó que el Gobierno anterior solo construyó 61 predios, lo cual muestra la ausencia de desarrollo de programas de vivienda social al campo.

La implementación de materiales ecológicos, como materiales de construcción hechos a partir de plástico reciclado como materia prima, ayudaría a solucionar estos problemas. El compromiso de brindar nuevas propuestas sobre alternativas sustentables debe atender las necesidades de la comunidad y el medio ambiente. En la actualidad existen compañías que ya han hecho estudios sobre el reúso de materiales PET como alternativa en la construcción, solo

que no son de conocimiento público y no tiene la fuerza para ser más notorios, algunos son desarrollos de investigación que tiene origen en Colombia. Entonces porque no aprovechar estas dos coyunturas por las que atraviesa el país tanto en la parte social como en la ambiental y aún más cuando hoy en día existe tecnología capaz de transformar productos y darles una segunda vida, por tal razón existe una gran oportunidad de implementar soluciones alternativas para el uso de materiales PET en la construcción.

¿Como aprovechar los residuos de material PET para elaborar elementos de construcción para fabricación de una vivienda de tipo rural en Colombia?

OBJETIVOS

Objetivo general

- Presentar las alternativas de solución de construcción de vivienda para zona rural en Colombia con metodología de aprovechamiento de residuos PET dirigido a personas de bajos recursos.

Objetivos específicos

- Definir metodología de reúso del material PET dentro de la construcción de la vivienda.
- Presentar un comparativo entre viviendas con construcción tradicional y con material reciclable PET u otros plásticos

- Crear estrategias para fomentar el reciclaje ligado a los proyectos de construcción de viviendas con plástico PET.
- Presentar las distintas problemáticas en la construcción de una vivienda con PET y sus distinciones con las viviendas convencionales.
- Establecer modelo de costos de las alternativas de construcción de viviendas con material reciclable.

JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta el contexto de vivienda en Colombia, se presenta la oportunidad de implementar una opción de vivienda que cumpla las condiciones mínimas y además incluya el reúso de materiales PET dentro de su construcción. El proyecto busca generar un impacto ambiental reutilizando residuos PET, para lograr una tasa de reciclaje mayor al 30% que se tiene actualmente y reusar mayor cantidad del material dentro de las 15.000 toneladas que se generan mensualmente a las mejoras de las viviendas en Colombia, por medio del desarrollo de ladrillos con material PET que cumpla con los requerimientos técnicos de construcción. Dentro del modelo de vivienda a partir del aprovechamiento de residuos PET se reúnen conocimientos de administración, construcción y manejo de materiales por parte de los expertos autores de esta investigación la cual se basa en la investigación de metodologías e instrumentos de gestión ambiental.

El tema de economía circular trae grandes beneficios como lo son la protección del medioambiente, fomenta la economía local y estimula el desarrollo de nuevos empleos. El

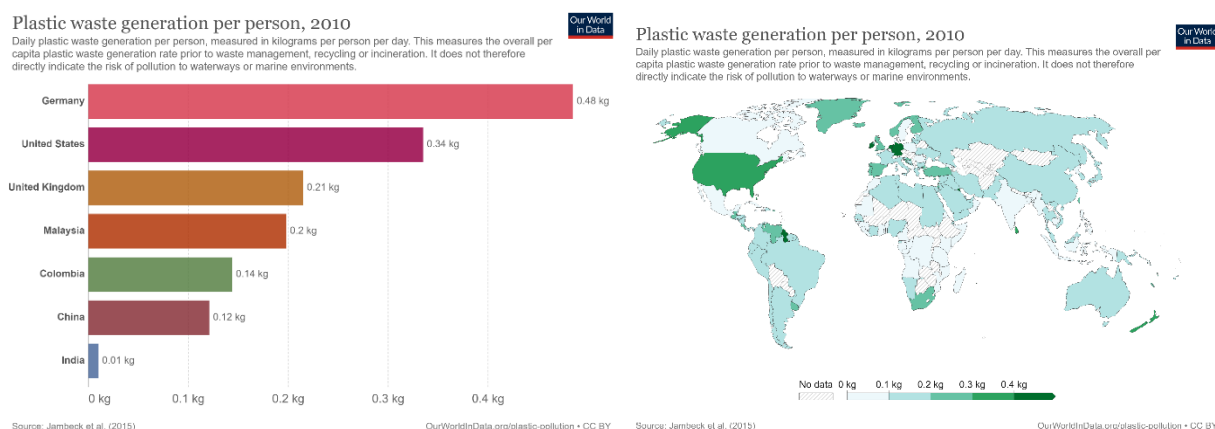
aprovechamiento de residuos de material PET en construcción de viviendas tipo rural en Colombia va enfocado a la competitividad del precio y facilidad de construcción, para así brindar opción de construcción a las familias, el foco es el desarrollo de nuevas facilidades para viviendas sostenibles en Colombia, buscando el impacto social y crecimiento de las condiciones de vivienda de la población en Colombia.

MARCO TEÓRICO

Reciclaje en el mundo

En el mundo podemos identificar comportamientos de diferentes países a partir de la generación de plástico por persona basado en datos del 2010, los focos se observan en Alemania y Estados Unidos; Colombia presentaba un consumo per capital de 0.14kg, como se observa en la Ilustración 1.

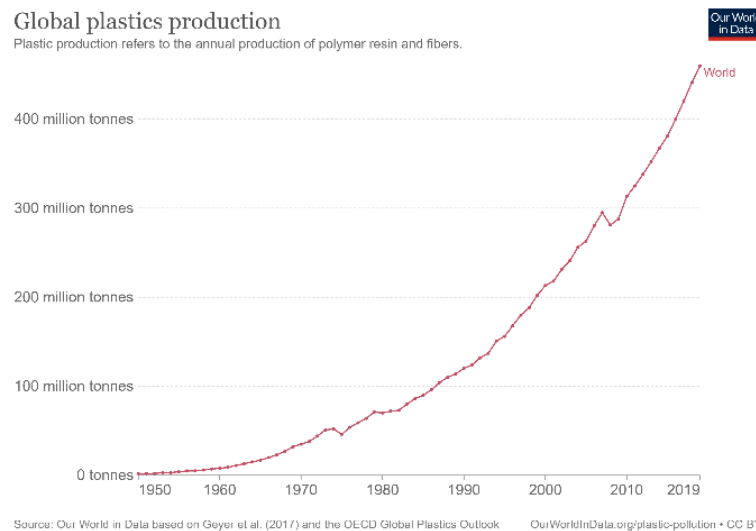
Ilustración 1 Desperdicio de plástico en el mundo (Jambeck et al. 2015)



Fuente: (Jambeck et al. 2015)

El comportamiento mundial de producción ha ido en aumento exponencial desde el año 1950, superando la producción de 400 millones de toneladas anuales; como parte de la conciencia ambiental que deben tener todas las personas es conocer cuánto se está produciendo de plástico para poder pensar en acciones de minimizar la cantidad de plástico en el mundo, como se observa en la Ilustración 2.

Ilustración 2 Producción global de plástico (Geyer et al, OCDE 2017)



Fuente: (Geyer et al, OCDE 2017)

Para el año 2019 en Colombia los plásticos que se desecharon de forma inadecuada fueron de 1.7 kg por persona, es decir aumento 1114% en casi 10 años, como se observa en la Ilustración 3.

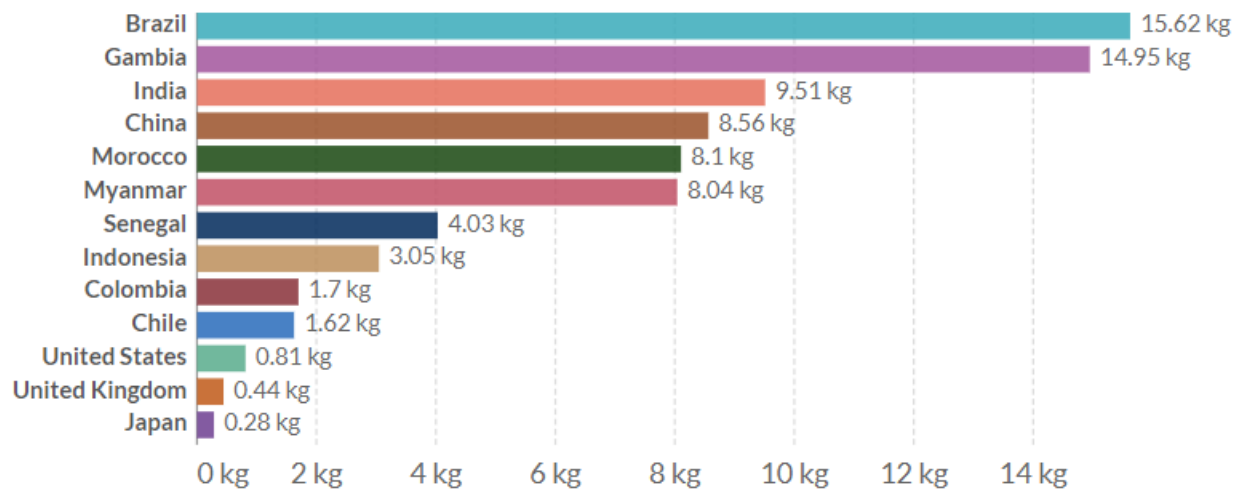
Ilustración 3. Desperdicio plástico per cápita (Meijer et al. 2021)

Mismanaged plastic waste per capita, 2019

Our World
in Data

Mismanaged plastic waste is plastic that is either littered or inadequately disposed. A country's total does not include waste that is exported overseas, where it may be mismanaged.

+ Add country

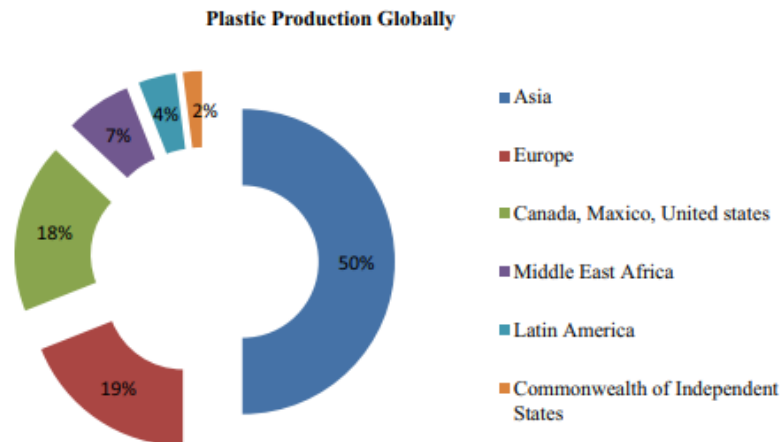


Source: Meijer et al. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. Science Advances. OurWorldInData.org/plastic-pollution • CC BY

Fuente: (Meijer et al. 2021.)

Como resultado de la evolución del plástico, se han generado una gran cantidad de producción de diferentes tipos de plásticos y analizando a nivel mundial el productor más importante es Asia (Jethy et al., 2022), como se observa en la Ilustración 4.

Ilustración 4. Producción de plástico mundial



Fuente: (Jethy et al., 2022)

Realmente el consumo de plástico ha crecido de manera exponencial, como prueba de esto, algunos escritores como Rochman mencionaba en su artículo del año 2013 que el planeta para el año 2050 contendría 33 billones de toneladas de plástico (Rochman et al., 2013). Ahora los escritores como Jethy en el 2022 menciona que para el año 2050 la generación de residuos plásticos será de 1100 billones de toneladas (Jethy et al., 2022).

Reciclaje en Colombia

La Agencia Europea de Medio Ambiente afirma que alrededor de un tercio de los recursos utilizados se convierten en residuos y emisiones. Cada año, los miembros de la AEMA (Agencia Europea de Medio Ambiente) producen unas cuatro toneladas de residuos por persona.

La cantidad de residuos domésticos que elimina anualmente cada europeo es actualmente de 520 kg en promedio, y se prevé que esta cantidad aumente (AEMA, 2023).

América Latina y el Caribe tienen niveles relativamente altos de cobertura de recolección de residuos en comparación con las tendencias mundiales. La mayoría de los sistemas de recogida de residuos en las zonas urbanas van puerta a puerta y recogen alrededor del 85% de los residuos que allí se generan. En Colombia y Uruguay se alcanza el 95% de cobertura para la recolección de desechos en las ciudades. Este porcentaje dista mucho de lo que ocurre en las zonas rurales, donde la cobertura de recolección de residuos es solo del 30% (Bancomundial, 2019).

Debido al proceso de extracción de materiales para la construcción en Colombia, que produce material particulado y desgasta la capa vegetal en las áreas donde se realiza, han tenido un efecto adverso sobre el medio ambiente. El problema principal del mal manejo de los desechos plásticos que se presenta actualmente en Colombia, son los efectos negativos que estos tienen sobre el medio ambiente, lo que motiva a implementar proyectos para aprovechar este tipo de desechos y disminuir el impacto ambiental.

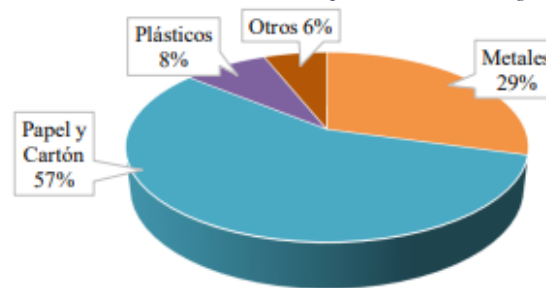
En Colombia, aproximadamente 124 municipios de tipo rural poseen sitios de disposición final inadecuados, los cuales contribuyen a la contaminación de los ecosistemas colombianos (Mejía Osorio, 2020).

Según ACOPLASTICOS, el país tiene una capacidad de producción de productos plásticos de 1'350.000 toneladas, de las cuales 750.000 Ton por año pertenecen al sector de

empaques y envases y solo el 40% de estos son aptas para reciclaje mecánico. El 60% restante debería ser aprovechado por otros mecanismos como lo es el reciclaje químico. Sin embargo, estas cifras no se plasman en la realidad del país. En Colombia actualmente solo se recicla el 20% de los materiales plásticos (ACOPLASTICOS, 2022).

En cuanto al aprovechamiento de residuos en Bogotá, según investigación realizada por Oliveros y Vargas la distribución de residuos aprovechados para el 2017 se observa en la Ilustración 5.

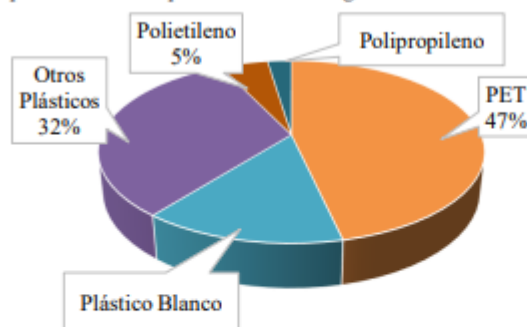
Ilustración 5 Distribución de residuos aprovechados en Bogotá 2017



Fuente: (Oliveros Salinas & Vargas Cifuentes, 2021)

También mencionan que las cantidades por tipo de plástico, según estudio realizado a 113 prestadores de aprovechamiento de residuos tiene la siguiente clasificación que se observa en la Ilustración 6.

Ilustración 6 Tipo de residuos plásticos aprovechados en Bogotá 2017
Reporte tipos de residuos aprovechados en Bogotá 2017

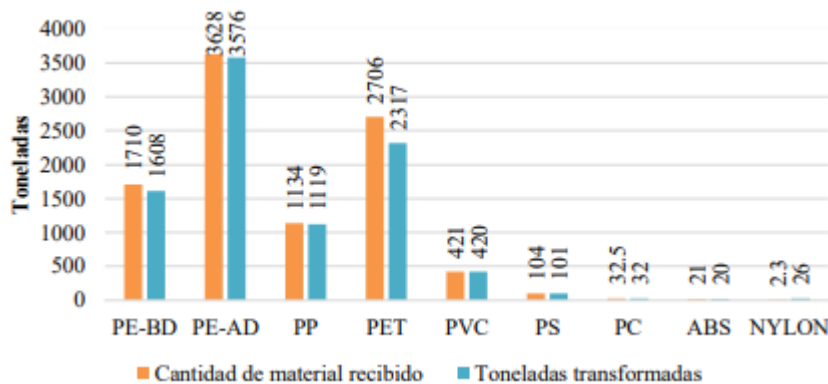


Nota. La grafica describe la distribución de los residuos aprovechados de diferentes tipos de plástico, tomado de: Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, "Informe Sectorial de la Actividad de Aprovechamiento 2018.". [Online] Disponible: <https://www.superservicios.gov.co>.

Fuente: (Oliveros Salinas & Vargas Cifuentes, 2021)

Por último, un estudio realizado en el 2019 por Acoplásticos y la Universidad Piloto de Colombia, explicó que en promedio las empresas recicladoras de Bogotá transforman alrededor de 9.000 ton/mes de plásticos (Oliveros Salinas & Vargas Cifuentes, 2021) que se observa en la Ilustración 7.

Ilustración 7 Material plástico posconsumo transformado por empresas de Bogotá 2019



Fuente: (Oliveros Salinas & Vargas Cifuentes, 2021)

Plásticos reciclables

A continuación, se presentan las características de diferentes tipos de plásticos usados en la actualidad, sus propiedades y aplicaciones de uso.

Tabla 1. Características de los plásticos reciclables y aplicaciones generales.

Tipo de plástico	Propiedades	Aplicación de Residuos de Plásticos
PVC	Elástico, transparente y flexible	Pisos de fábrica
PS	Brillante, transparente, rígido y quebradizo.	Fabricación de perchas, perchas y materiales aislantes
PP	Flexible y duro	Fabricación de cajones y papeleras. Utilizado como agregados en mezclas asfálticas
PET	Sólido transparente similar a la fibra	Fabricación de impermeables, fibras para alfombras, embalaje blando y artículos para envolver. Se utilizan como fibras en compuestos a base de cemento.
HDPE	Plásticos de colores y a veces blancos	Fabricación de jaboneras, papeleras y cajas. Componentes para sillas y mesas
LOW DPE	Mayormente blanco, flexible y suave.	Elaboración de envoltorios, film transparente y bolsas de vivero para el cultivo de plántulas. Se utiliza en la fabricación de bloques y ladrillos.
Poliétileno (PE)	Resistente, translúcido, impermeable, semirrígido y resistente a los productos químicos	Fabricación de envoltorios de film transparente.
Poliámidas (PA)	nylon	Empaquetar y envolver artículos.
Metacrilato de polimetilo (PMMA)	Transparente, duradero, resistente a productos químicos y con alta luz ultravioleta.	Fabricación de botellas, cubos y cajas de champús.

Fuente: Adaptado de Table 1 (Nyika & Dinka, 2022)

Ilustración 8 Nomenclatura de los tipos de plásticos



Fuente: (Chemwatch, 2022)

Tereftalato de polietileno - PET

Este tipo de plástico poliéster, también conocido como PET o PETE, es el más popular y está hecho de etilenglicol y ácido tereftálico. También se fabrican fibras de poliéster para textiles y botellas y envases de plástico. El enlace éster del PET, que puede romperse con relativa facilidad mediante hidrólisis, glucólisis o enzimas, lo convierte en uno de los plásticos más fáciles de reciclar químicamente. Además, las botellas de PET son el producto que se recicla mecánicamente con mayor frecuencia (Chemwatch, 2022).

Después de adquirir el material, es posible procesarlo de diversas maneras (inyección, extrusión, termoformado, soplado de preformas, entre otros) para obtener productos derivados. Sin embargo, para lograr transparencia, es importante enfriar rápidamente el material una vez que ha sido tratado.

El PET, primero debe limpiarse y separarse de otros materiales antes de que pueda reciclarse. Una vez más, se lava después de ser triturado. El producto terminado se crea extruyendo las escamas de plástico limpias y secas que se han obtenido bajo presión y temperatura. De aquí la importancia de reciclar, ya que los envases de plástico son uno de los residuos más contaminantes que produce la sociedad a diario y estos pueden tardar hasta 500 años en degradarse (Envaselia, 2023).

Vivienda en Colombia

La vivienda en Colombia ha presentado un déficit en el área rural y urbana, lo que se ha determinado de la siguiente manera:

Las carencias rurales alcanzaron el 80% mientras que las urbanas fueron sólo del 24%, lo que indica que las necesidades de vivienda rural son tres veces mayores que las urbanas. (MVCT 2020).

La metodología 2020 establece que es necesario agregar viviendas nuevas al stock total de viviendas del país para crear una relación uno a uno, o una relación entre el número de viviendas aptas y el número de hogares que necesitan realojamiento, para los hogares que actualmente residen en viviendas con deficiencias estructurales y de espacio, identificadas por el déficit cuantitativo. Este indicador revela deficiencias estructurales y espaciales que no se pueden subsanar para salir del estado deficitario. Se identifican por el déficit cualitativo los hogares que residen en viviendas que presentan fallas no estructurales y en las que es posible

realizar mejoras o adecuaciones para lograr condiciones adecuadas de habitabilidad (DANE 2020).

El déficit cualitativo identifica a los hogares que residen en viviendas que necesitan ser renovadas o modificadas para cumplir con los estándares habitacionales adecuados. Esta idea reconoce la probabilidad de mejoras en el hogar para abordar las fallas en las residencias en las que residen estos hogares. Por lo tanto, para los hogares que actualmente residen en viviendas que se piensa que tienen un déficit cualitativo, no es necesario construir nuevas viviendas para asegurar que estén en condiciones de habitabilidad adecuadas, sino realizar intervenciones que corrijan las deficiencias que se identifican a través de los componentes del déficit cualitativo (DANE, 2020).

El porcentaje de hogares en déficit cuantitativo resultó ser 5.6 puntos mayor en los centros poblados y zonas rurales dispersas que en la capital, mientras que el porcentaje de hogares en déficit cualitativo fue 2.8 puntos mayor en los centros poblados y zonas rurales dispersas. (DANE, 2020). Estos datos muestran una debilidad de las zonas rurales de Colombia: la falta de vivienda digna, duradera y con necesidades básicas satisfechas (DANE, 2020).

La industria de la construcción se ha consolidado como una de las principales fuentes de la economía de un país, según en el último informe del DANE, en la variación del cuarto trimestre de 2022 (octubre-diciembre) el PIB a precios constantes aumentó 2,9% con relación al mismo trimestre de 2021 (DANE, 2023).

En cuanto a la gestión del gobierno, se puede evidenciar que son pocas las zonas en las que por medio de entidades públicas o de régimen especial se promueva la construcción de vivienda rural. Hasta el momento en lo que va transcurrido del año 2023 la inversión haciende a \$ 48.356.758.965 en todo Colombia y solo se evidencia intervención en 5 departamentos de Colombia (Antioquia, Caldas, Cundinamarca, Santander y Norte de Santander) según lo publicado en Colombia Compra Eficiente (Colombia Compra Eficieinte, 2023)

Tabla 2. Licitaciones públicas vivienda rural 2023

Entidad	Modalidad	Número	Cuantía	Ubicación
DEPARTAMENTO DE SANTANDER	Licitación pública (obra pública)	VH-LP-23-01	\$ 21.764.824.618	Santander: Betulia
Empresa de Desarrollo Urbano de La Ceja	Régimen Especial	043 DE 2023	\$ 2.381.567.882	Antioquia : Santa Bárbara
Empresa de Desarrollo Urbano de La Ceja	Régimen Especial	044 DE 2023	\$ 2.110.580.566	Antioquia : Venecia
Empresa de Desarrollo Urbano de La Ceja	Régimen Especial	041 DE 2023	\$ 2.387.299.678	Antioquia: Jericó
CUNDINAMARCA ALCALDÍA MUNICIPIO DE CAPARRAPÍ	Licitación pública (obra pública)	LP-002-2023	\$ 327.338.130	Cundinamarca : Caparrapí
GOBERNACION DE CALDAS	Licitación pública (obra pública)	LP-SV-007-20	\$ 1.582.388.159	Caldas: Belalcázar
Empresa de Desarrollo Urbano de La Ceja	Régimen Especial	036 DE 2023	\$ 2.122.044.158	Antioquia: Caramanta
CUNDINAMARCA ALCALDÍA MUNICIPIO DE GUAYABETAL	Selección abreviada de menor cuantía (Ley 1150 de 2007)	MG-SAMC-01	\$ 189.367.937	Cundinamarca : Guayabetal
NORTE DE SANTANDER ALCALDIA MUNICIPIO DE CUCUTILLA	Licitación pública (obra pública)	LP-COP-AC-C	\$ 866.928.978	Norte De Santander : Cucutilla
CUNDINAMARCA ALCALDIA MUNICIPIO DE CHIPAQUE	Licitación pública (obra pública)	LP-2023-006	\$ 469.121.398	Cundinamarca : Chipaque
Empresa de Desarrollo Urbano de La Ceja	Régimen Especial	027 DE 2023	\$ 2.122.044.158	Antioquia: Valparaíso
Empresa de Desarrollo Urbano de La Ceja	Régimen Especial	026 DE 2023	\$ 3.692.341.585	Antioquia : Tarso, Fredonia
Empresa de Desarrollo Urbano de La Ceja	Régimen Especial	024 DE 2023	\$ 2.381.567.882	Antioquia: Santa Bárbara
Empresa de Desarrollo Urbano de La Ceja	Régimen Especial	23	\$ 4.509.343.836	Antioquia: La Ceja
CUNDINAMARCA ALCALDÍA MUNICIPIO DE MANTA	Licitación	LP-002-2023	\$ 1.450.000.000	Cundinamarca : Manta
			\$ 48.356.758.965	

Fuente: Información basada en los datos de SECOP I y SECOP II

Empresas de reciclaje y aprovechamiento:

ECO-TEC

ECO-TEC Soluciones Ambientales, es una empresa encargada de brindar orientación en temas ambientales en el manejo y aprovechamiento de residuos sólidos, fue establecida en Honduras y Centroamérica (Colombia y Bolivia) en el año 2001. Con el fin de brindar soluciones innovadoras y dinámicas a los problemas de la basura, en los últimos años Eco-Tec ha desarrollado diversos proyectos con una visión integral, donde simultáneamente atienden el medio ambiente y las necesidades de los actores del proyecto. Mediante el uso de botellas de PET no retornables en lugar de ladrillos convencionales y eco-ladrillos rellenos de tierra u otros materiales de construcción como escombros, Eco-Tec ha desarrollado un sistema de autoconstrucción (Arquitectura y Empresa, 2023), se observa en la Ilustración 9.

Ilustración 9 Modelo de construcción ECO-TECH



Fuente: (Arquitectura y Empresa, 2023)

Ecobloque tipo Lego

En Colombia se desarrolló un sistema de construcción tipo Lego dirigida a las familias de escasos recursos, pensando el desarrollo del proyecto para que las mismas personas fueran

capaces de construir su propia casa. Se utilizan moldes que se asemejan a los bloques para crear ladrillos mediante la inyección de plástico fundido en los moldes. Estos encajan como un conjunto de Legos. Es un método de ensamblaje sencillo que facilita la construcción de viviendas; tiene las siguientes características: en comparación con los materiales convencionales, es mejor aislante contra el calor y el sonido, solo pesa 1,4 kilogramos, los aditivos de plástico lo han hecho resistente al agua y al fuego, es más simple y menos costoso de producir, puede soportar terremotos con una escala de Richter de hasta 9,5, se requieren 20 botellas de plástico para la fabricación de un bloque (Contruored, 2022).

Participación de la mujer en la construcción

El proyecto de innovación tecnológica que se desarrolla en Saltillo, Coahuila, que aplica la autoconstrucción, tiene como objetivo probar tecnologías alternativas que permitan a la población de bajos recursos construir o ampliar sus viviendas. El proyecto estaba dirigido al grupo demográfico femenino, donde las esposas estaban comprometidas "con el hogar". La propuesta se hizo pensando en este perfil particular para brindar herramientas a las mujeres en las comunidades. Los prototipos se crearon para los muros que se construirían con paneles de hormigón aligerado con botellas de PET recicladas (envases de refrescos de dos litros) (Piñeros & Herrera, 2018), como se observa en la Ilustración 10.

Ilustración 10 Ejemplo de ladrillo con material de envases PET



Fuente: (Piñeros & Herrera, 2018)

Normas Técnicas

Para la aplicación de materiales con plástico dentro de la construcción de viviendas se deben tener en cuenta los requisitos enmarcados en las Normas Técnicas Colombianas del ICONTEC y la Norma Sismo Resistente NSR-2010, en la cual se encuentran los requisitos de los parámetros como absorción, resistencia, humedad, densidad, materiales, entre otros. Se tiene en cuenta que los proyectos con sistema de mampostería no reforzada, el cual no tiene muros de refuerzo, se encuentran prohibidas en zonas de amenaza sísmica intermedia o alta para las nuevas construcciones (ICONTEC, 2013)(Piñeros & Herrera, 2018).

Normas ICONTEC - NSR

Existen ciertas limitaciones para los usos de mampostería no reforzada se describen en el Título A de la NSR-2010; requisitos generales de diseño y construcción sismo resistente, donde se menciona que la mampostería no reforzada sólo puede utilizarse como sistema de resistencia sísmica en territorios donde la amenaza sísmica es baja. Dentro de la clasificación de sistemas

estructurales, estos diseños se definen dentro del diseño sismo resistente como uno de los sistemas con capacidad mínima de disipación de energía en el rango inelástico (ICONTEC, 2017).

En el capítulo A-9 de la NSR-2010, se encuentran los requisitos de diseño para los elementos que no forman parte de la estructura o del sistema primario de resistencia sísmica, donde los diseños deben tomar en cuenta los comportamientos y niveles de desempeño previstos en un terremoto. Los grados de desempeño se clasifica como se muestra en la tabla siguiente (ICONTEC, 2017).

Tabla 3 Características de daños

Grados de desempeño	Características de los daños
Superior	Daño mínimo en los elementos no estructurales y no interfiere con la operación de la edificación debido a al sismo.
Bueno	Daño reparable en los elementos no estructurales, puede llegar a interferir con la operación de la edificación posterior al sismo.
Bajo	Daño grave en los elementos no estructurales, puede llegar a ser no reparables, no ocurre desprendimiento o colapso.

Fuente: (ACIS, 2010)

Otro aspecto significativo de este capítulo es el criterio de diseño, que adopta dos tipos diferentes de estrategias para los muros divisorios y las fachadas no portantes. Por un lado, deben

estar separados de la estructura para que no se deformen a consecuencia del sismo.

Adicionalmente, los elementos no estructurales deben ser lo suficientemente flexibles para resistir las deformaciones que les impone la estructura con el fin de no afectarla negativamente.

Los muros de mampostería no reforzada se mencionan en el capítulo D-9, y se puede destacar lo siguiente: si una vivienda con muros de mampostería no cumple en su totalidad con los requisitos del reglamento de mampostería estructural para mampostería parcialmente reforzada o mampostería reforzada, debe designarse como mampostería no reforzada y sus muros deben tener un mínimo nominal de 120 mm de espesor para viviendas de una y dos plantas (ICONTEC, 2017).

Normas NTC

La norma técnica colombiana NTC 4076 refiere principalmente a unidades de mampostería de hormigón no estructural, donde se establecen los requisitos para unidades de concreto perforado o sólido para mampostería, hechas con cemento hidráulico, agua, agregados minerales, con o sin la inclusión de otros materiales. Las unidades están diseñadas para usarse en particiones no estructurales, también pueden ser apropiadas para usar en paredes exteriores no estructurales sobre el nivel del suelo donde están protegidas contra la intemperie de manera efectiva bajo ciertas circunstancias (ICONTEC, 2017).

La norma 4205-2 cubre los requisitos técnicos de las unidades de mampostería no estructural hechas de ladrillos de arcilla y bloques de cerámica que se utilizan en paredes divisorias interiores, cortafuegos no estructurales o paredes exteriores que tienen un acabado

protector hecho de yeso, enchapado u otra mampostería que protege ellos de los elementos. A partir de esta norma se revisan los requisitos técnicos que deben tener los ladrillos para la construcción, los cuales serán necesarios para validar los parámetros técnicos de los ladrillos con nuevos materiales (ICONTEC, 2017).

Requisitos técnicos

- Absorción de agua: Los bloques de construcción de arcilla deben cumplir con los requisitos de absorción de agua de 24 horas de inmersión (máximo y promedio único). Generalmente, la tasa de absorción promedio de menos del 5% no se puede lograr, ni superficies vidriadas o superficies de esmaltadas en la superficie sobre la que se asientan o se van a empañetar. Se puede utilizar un análisis termodiferencial conjunto de la arcilla y el producto cocido para comprobar si la temperatura de cocción es suficiente o no y evitar la rehidratación de la arcilla cuando las piezas se exponen a la intemperie si, como consecuencia de la materia prima utilizada, las unidades de mampostería para uso exterior (fachada) resultan en una absorción mayor a la especificada. Además, se puede utilizar como criterio de estabilidad en el exterior. La correlación entre una pieza saturada de agua durante 24 horas a temperatura ambiente y el módulo de rotura de una pieza seca, no puede ser una relación menor que 0,8 (ICONTEC, 2017).
- Resistencia mecánica a la compresión: Las unidades de mampostería de arcilla cocida deben ser al menos tan fuertes como lo exige la resistencia mínima a la compresión de la siguiente tabla. Para determinar la resistencia neta a compresión de los ladrillos perforados verticalmente, se debe dividir la carga de rotura o falla por el área neta de la

sección perpendicular a la carga (de este cálculo se descuentan las áreas de celdas y perforaciones). Debido a que se calculan dividiendo por el área de superficie de apoyo de los ladrillos, la resistencia neta y la resistencia bruta de los ladrillos macizos son iguales (ICONTEC, 2017).

Tabla 4 Propiedades físicas de mampostería no estructural

Tipo	Resistencia mínima a la		Absorción de agua máxima en %			
	compresión Mpa (kgf/cm ²)		Interior		Exterior	
	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad	Prom 5 U	Unidad
PH	3,0(30)	2,0(20)	17	20	13,5	14
PV	14,0(140)	10,0(100)	17	20	13,5	14
M	14,0(140)	10,0(100)	17	20	13,5	14

Fuente: (ICONTEC, 2017)

- Tasa inicial de absorción: Es la capacidad de absorción capilar de las unidades secas, medida durante 1 minuto, y se expresa en g/cm²/min. A menos que el fabricante o constructor se incline hacia una recomendación diferente basada en su experiencia o conocimiento de su producto, esta norma recomienda que las unidades deben cumplir con los requisitos mínimos de humectación previa antes de colocarse con la tasa de absorción inicial (ICONTEC, 2017).

Tabla 5 Tasa Inicial de Absorción

Tasa inicial de absorción g/cm ² /min	Tiempo recomendado de Pre humedecimiento
<0.10	5 min
<0.15	1 h
<0.25	24 h

Fuente: (ICONTEC, 2017)

- Paredes y perforaciones: Los tabiques son los elementos transversales que sujetan los muros de un lado con los opuestos o que dividen celdas dentro de la pieza. Los muros exteriores de las unidades de mampostería son los elementos longitudinales que forman los dos lados de un muro. Las paredes exteriores pueden ser sólidas, perforadas o dobles en unidades de orificio tanto horizontales como verticales (pared sólida se refiere a unidades de mampostería de pared simple o de pared sólida). Al hablar del ancho de los muros exteriores, se debe tener en cuenta su espesor neto sin tener en cuenta el ancho de las perforaciones o vacíos que puedan contener. Las siguientes características ayudan en el cumplimiento de la resistencia a la compresión y actúan como guía para el diseño geométrico de las unidades (ICONTEC, 2017).

Tabla 6 Espesor de paredes y tabiques para mampostería no estructural

Tipo	Espesor neto mínimo de las paredes (mm)	Espesor mínimo de los tabiques, mm
Perforación vertical (PV)	10	6
Perforación horizontal (PH)	10	6

Fuente: (ICONTEC, 2017)

Norma Técnica Colombiana con Sello Ambiental

Las Etiquetas Ambientales Tipo 1 están incluidas en la NTC 6033 Sello Ambiental de Colombia (SAC). Esta norma es parte de la implementación del esquema del Sello Ambiental Colombiano, el cual está regido por el Ministerio del Ambiente de Colombia, y aplica a aquellos productos y servicios que tienen un menor impacto en el medio ambiente a través de la comunicación de información verificable y veraz. , no engañosa, sobre los aspectos ambientales de dichos productos y servicios, para fomentar la mejora ambiental (ICONTEC, 2017).

Ya que el proyecto se dirige hacia métodos de reusó de plástico, estas aplicaciones se enmarcan en los principios del Sello Ambiental, como los recursos naturales utilizados como insumos o como materia prima del producto deben ser utilizados de manera sustentable, las materias primas que son malas para el medio ambiente deben usarse lo menos posible en el producto, los procedimientos de producción deben utilizar fuentes de energía renovables, utilizar menos energía o ambas cosas, se deben utilizar menos materiales de embalaje para el producto, el producto debe producirse utilizando tecnologías verdes o con un impacto ambiental mínimo. (ICONTEC, 2023)

METODOLOGÍA PRIMER NIVEL

Enfoque, alcance y diseño de la investigación

La información recopilada se analizará y se clasificará, revisando que la misma se pueda aplicar en otras áreas rurales comparándola con otro tipo de técnicas ya implementadas a nivel nacional.

En la investigación se aplicará el enfoque cuantitativo transversal no experimental, el cual abarcará aspectos relacionados más adelante, como son el científico, el social y el ambiental, ya que utilizan datos medibles, como son los grupos de interés involucrados, datos estadísticos, cifras porcentuales, análisis de textos y demás contemplados.

Alcance

El alcance de la metodología de la investigación es de enfoque cuantitativo transversal no experimental y tiene como finalidad lo siguiente:

- **Análisis de la viabilidad técnica:** Evaluar la idoneidad del material PET para la construcción de viviendas en términos de resistencia estructural, durabilidad, comportamiento térmico, acústico y otras propiedades relevantes.
- **Evaluación de los costos:** Realizar un análisis detallado de los costos asociados a la construcción de viviendas con material PET, incluyendo materiales, mano de obra, equipos, y compararlo con el sistema tradicional de construcción.

- Estudio de la sostenibilidad: Investigar el impacto ambiental de la construcción con material PET en términos de reducción de residuos plásticos, consumo energético, emisiones de carbono y otros aspectos relacionados con la sostenibilidad.
- Examinar la aceptación y percepción del material PET en el mercado de la vivienda: Realizar encuestas o entrevistas a ciudadanos en zona rural para evaluar su aceptación y percepción del material PET en comparación con los materiales tradicionales.

Definición de Variables

Para el desarrollo de la presente investigación, es necesario evaluar tanto las características físicas, químicas del material PET ó de elementos combinados con inclusión de otro tipo de plástico para luego realizar matrices comparativas con el sistema tradicional de construcción en Colombia. Después de conocer el comportamiento de estos elementos lo que sigue es traducirlos en unidades de medida de tiempo y costo de aplicación, solo así es posible evidenciar su aplicabilidad como solución de vivienda.

Con la Tabla 7. Variables de la Investigación se definen las variables que se usarán para realizar la comparación entre metodologías de bloques reciclados, y poder realizar el análisis de comportamiento de las opciones de bloques reciclados que se presentan, con el fin de evidenciar que cumplen con los requisitos de construcción; los datos se recopilarán desde artículos, contacto directo con empresas fabricantes y expertos en construcción.

Tabla 7. Variables de la Investigación

Variable	Unidad de medida	Definición operacional
Carga muerta	Kg	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10
Consumo de agua por bloque	lt	Según parámetros de fabricantes
Costo de fabricación por bloque	COP	Según parámetros de fabricantes
Consumo de PET por bloque	Kg	Según parámetros de fabricantes
Peso unitario	gr	Según parámetros de fabricantes
Porcentaje de composición	%	Según parámetros de fabricantes
Resistencia a la compresión	Mpa	Según Tabla 2. Propiedades físicas de las unidades de mampostería estructural (ICONTEC, 2009)
Resistencia al calor	°C	Según parámetros de fabricantes
Resistencia a la tracción	Mpa	Método de ensayo para determinar las propiedades de tracción en plásticos (ICONTEC, 2021)
Tiempo de montaje	HR	Según parámetros de fabricantes

Fuente: Elaboración propia

Definición conceptual

Se presentan definiciones de conceptos clave para entender el comportamiento de los bloques para la construcción, conceptos que se utilizarán para el análisis y comparaciones de características de los productos que se utilizan en la industria.

Carga muerta: “Es la carga vertical debida a los efectos gravitacionales de la masa, o peso, de todos los elementos permanentes, ya sean estructurales o no estructurales”. (ACIS, 2021, p. A-126)

Agregado – “Material granular, como arena, grava, piedra triturada y escoria de hierro de alto horno, empleado con un medio cementante para formar concreto o morteros hidráulicos”. (ACIS, 2010, p. C-16)

Concreto – “Mezcla de cemento Pórtland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos”. (ACIS, 2021, p. C-17)

Esfuerzo – “Fuerza por unidad de área”. (ACIS, 2021, p. C-19)

Módulo de elasticidad – “Relación entre el esfuerzo normal y la deformación unitaria correspondiente, para esfuerzos de tracción o compresión menores que el límite de proporcionalidad del material”. (ACIS, 2021, p. C-21)

Mpa (Mega Pascales) – “Unidad de medida de la presión, que representa Newtons/ m^2 . Para un mayor entendimiento 1Mpa es igual a 101.971 kilogramos sobre una superficie de $1m^2$.” (ACIS, 2021, p. C-21)

Resistencia mecánica – “Capacidad de los objetos para aguantar las cargas externas”. (ACIS, 2021, p. C-23)

Resistencia a la compresión – “Esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento”. (ACIS, 2021, p. C-23)

Población y Muestra

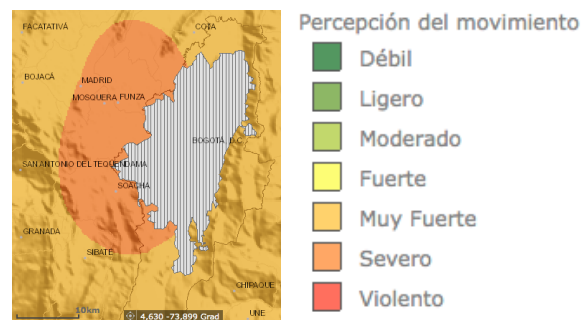
Teniendo en cuenta la definición de la zona de posible aplicación del proyecto de eco-bloques, se define la población ubicada en la zona rural norte de Bogotá, incluye habitantes del área, interesados en adquisición de vivienda ecológica, expertos en construcción de viviendas tradicionales y ecológicas, a esta población se aplicará una encuesta para evaluar el nivel de interés a la propuesta de construcción con bloques de plástico y conocer los puntos de vista de los posibles usuarios e identificar oportunidades del proyecto que ayuden a la mejora y mejor atracción del público. La encuesta para el público interesado se agrega en anexos, se busca lograr una exposición mínima de 50 personas para el análisis de resultados.

Adicional se realizó una revisión de proveedores de materiales de construcción en los que se utiliza el plástico como aditivo para la creación de ladrillos, vigas, columnas, entre otros que ofrecen productos en Colombia. Se presenta la información de contacto de las 5 empresas colombianas que se encontraron en la sección de anexos, se logra el contacto con “Conceptos Plásticos” y “Fundación llena una botella de amor”, empresas dispuestas a brindar información y servicios de consultoría para poder aplicar una encuesta de proveedores, se encuentra en la sección de anexos.

La metodología utilizada en esta investigación se basa en el análisis de los mapas de amenaza sísmica proporcionados por el Servicio Geológico Colombiano. Se ha identificado que la zona occidental y sur de Bogotá presentan un mayor riesgo sísmico, mientras que el norte y sus alrededores muestran menor riesgo.

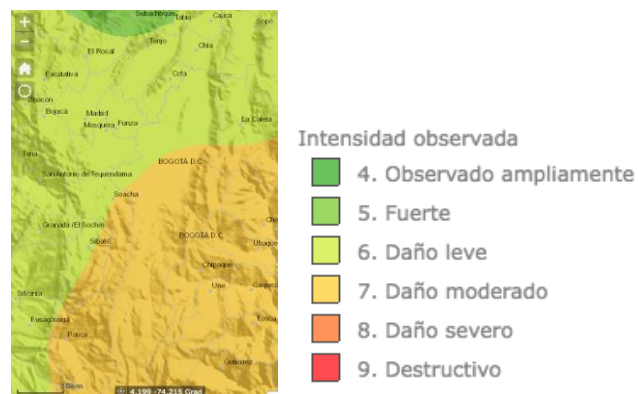
Las ilustraciones 11 y 12 ilustran la intensidad sísmica esperada y la intensidad máxima observada en Bogotá y sus alrededores. Se observa que el occidente y sur de la ciudad son las áreas más críticas en términos de riesgo sísmico.

Ilustración 11 Intensidad Sísmica Esperada Bogotá y alrededores



Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2019)

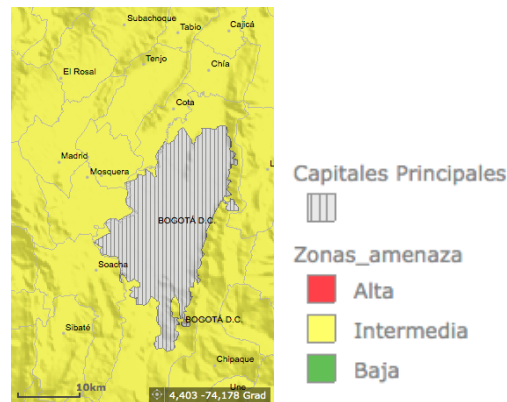
Ilustración 12 Intensidad Máxima Observada Bogotá y alrededores



Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2019)

La ilustración 13 muestra que toda la zona de Bogotá y sus alrededores es catalogada como zona de amenaza debido a la presencia de fallas tectónicas cercanas que pueden causar sismos.

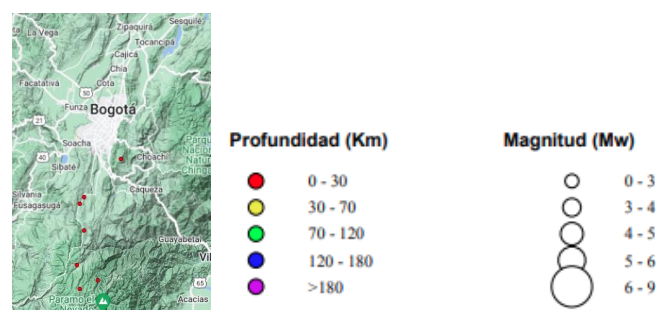
Ilustración 13 Zonas de amenaza Bogotá y alrededores



Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2019)

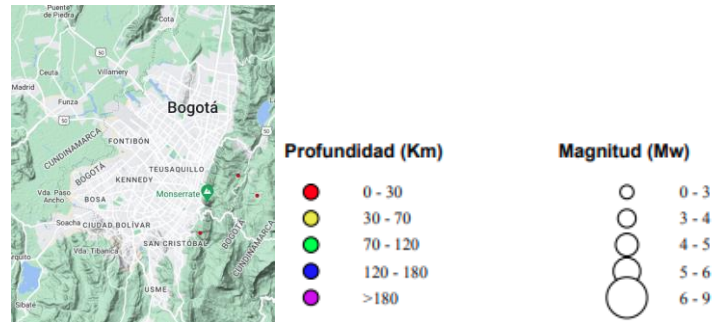
Para la investigación de construcción de viviendas con material plástico, se ha seleccionado la zona norte de Bogotá y sus alrededores como área de aplicación potencial. Esto se basa en la información de las ilustraciones 14 y 15, que muestran los eventos sísmicos localizados históricamente desde 1993. Se observa que los eventos sísmicos han ocurrido principalmente en la zona sur y oriental de Bogotá.

Ilustración 14 Eventos localizados en Bogotá y alrededores desde 2018



Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2023)

Ilustración 15 Eventos localizados en Bogotá y alrededores desde 1993 - 2018



Fuente: (Servicio Geológico Colombiano, 2023)

Por lo tanto, la zona norte de Bogotá y sus alrededores se considera como una zona con menor riesgo sísmico y más controlada, lo que la hace adecuada para la investigación de construcción de viviendas con material plástico.

METODOLOGÍA SEGUNDO NIVEL

Esta investigación se elaboró, seleccionando los siguientes instrumentos, recopilando información de encuestas, monografías, tesis, artículos, páginas web, fuentes biográficas, fuentes estadísticas, bibliografías, bases de datos de entes privados y gubernamentales, llamadas telefónicas, solicitud de información a través de correos electrónicos. reuniendo la información más directa sobre las alternativas de aprovechamiento del PET, usado para la construcción de casas construidas con bloques ecológicos, que ayudan a reducir la huella ambiental en Colombia.

La metodología del proyecto contiene tres aspectos principales a enunciar, como son:

El científico, que comprende la clasificación y el tratamiento del material PET reciclado, revisando sus propiedades físicas y químicas en sus diferentes etapas, como son la recolección, el

lavado, la trituración, el moldeado, la curación, el secado y producto final eco bloques para la construcción.

El social, que comprende la regulación de las actividades de reciclaje como una economía circular que posee gran importancia, ya que ayuda al medio ambiente y permite aprovechar los residuos PET en otras actividades productivas, lo que constituye una fuente de ingresos, para las familias que trabajan en dicha actividad. Adicional se contempla el uso de encuestas hacia dos tipos de población, la primera es una encuesta para los proveedores de materiales y productos de bloques ecológicos para identificar y cuantificar las variables de investigación con la información que puedan proporcionar y de esta manera definir la estrategia de comparación entre distintas opciones de bloques ecológicos. La segunda encuesta va dirigida a la población de la zona e interesados en la adquisición de una vivienda con bloques ecológicos, como se mencionó anteriormente la zona de estudio es la zona rural norte de Bogotá. Con esta encuesta se busca analizar las ventajas, desventajas, oportunidades que identifica el usuario mismo de las viviendas en la zona de Bogotá norte.

El ambiental, que comprende el impacto de los residuos tipo PET, en las áreas urbanas y rurales en el país, ya que generan un daño negativo, por el uso inadecuado del manejo de los mismos, amenazando la sostenibilidad ambiental; sin embargo, su aprovechamiento en productos como los eco bloques para la construcción, ayuda a mitigar la huella ambiental lo mitiga el impacto que se genera en Colombia por la producción exagerada del plástico, evitando que dichos productos lleguen a contaminar las fuentes hídricas por su mala disposición.

Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se usara es la investigación descriptiva con el objetivo de dar a conocer las ventajas y desventajas del uso del plástico tipo PET, en la elaboración de bloques ecológicos, para realizar la construcción de casas ecológicas, que contribuyen a disminuir la huella ambiental y a la vez contribuyendo con la economía circular del reciclaje en la ciudad de Bogotá D.C., mejorando la calidad de vida de los habitantes de las áreas rurales; estrategia que se podrá referenciar en el resto de áreas rurales del Colombia.

Técnicas de recolección

La investigación se estructurará con la recopilación de información de monografías, tesis, artículos, páginas web, fuentes biográficas, fuentes estadísticas, bibliografías, bases de datos de entes privados y gubernamentales, llamadas telefónicas, solicitud de información a través de correos electrónicos. En cuanto a las encuestas se pueden apreciar en los Anexo 02.

Clasificación

Se verificará que la información recopilada sea la más actualizada y que concuerde con las políticas públicas, que contengan los parámetros de economía circular del reciclaje y a su vez con las soluciones alternativas de vivienda rural cumpliendo las normas de construcción antisísmica y sostenible.

Análisis de la información recopilada

De acuerdo con la información recopilada se analizará y se clasificará, revisando que la misma se pueda aplicar en otras áreas rurales comparándola con otro tipo de técnicas ya implementadas a nivel nacional.

Para las intervenciones organizacionales y los modelos aplicados se conceptualizar el uso de los modelos, referentes y/o técnicas particulares. Para luego caracterizar los componentes y los elementos funcionales de los modelos utilizados para realizar la intervención y el diseño de los modelos aplicados.

Técnicas de análisis de datos

El análisis de los datos recolectados, a través de la recopilación de información desde la observación de monografías, tesis, artículos, páginas web, fuentes biográficas, fuentes estadísticas, bibliografías, bases de datos de entes privados y gubernamentales, llamadas telefónicas, solicitud de información a través de correos electrónicos, se obtendrán resultados cualitativos y cuantitativos, lo que ayudara en entender, que el objetivo de la investigación es determinar las potenciales de los residuos PET, al transfórmalos en un bloque de construcción ecológico, que puede ser usado en la construcción de viviendas en las áreas rurales, inicialmente en el área rural de Bogotá D.C como se planteó anteriormente, que puede ser implementado en otras áreas rurales de Colombia.

Para realizar la comparación de las características de los diferentes diseños de ladrillos plásticos se utilizarán herramientas estadísticas y comparativas para el análisis de cada muestra

que se va a analizar. Dentro de las propiedades físicas y mecánicas que se van a trabajar son las siguientes:

Tabla 8 Características físicas materiales

Característica	Unidades
Durabilidad	Alta-Media-Baja
Resistencia a tracción	Kg/cm ²
Resistencia a compresión	Kg/cm ²
Temperatura máxima de trabajo	°C
Temperatura mínima de trabajo	°C
Módulo elástico	Mpa
Densidad	g/cm ³
Flamabilidad	Alta-Media-Baja-Ninguna
Resistencia a agentes químicos	Alta-Media-Baja
Reciclaje	Si - No
Precio	COP

Fuente: Elaboración propia

A partir de los resultados que se obtengan de los productos de ladrillos, en los que se compararán sus propiedades y se buscará el más óptimo para la aplicación que se está buscando.

Adicional se realizará una tabla comparativa de los beneficios de diferentes materiales, teniendo en cuenta el bloque de plástico de esta investigación y realizando comparaciones con materiales tradicionales, como insumo en la selección del material apropiado para la investigación.

Se busca calificar las propiedades físicas de diferentes mezclas cambiando las proporciones de plástico basado en revisión de investigaciones previas, y de esta manera establecer las proporciones óptimas para los requerimientos que se necesitan para el proyecto. Se busca la revisión de las propiedades finales del material para diferentes cantidades de plástico PET, cemento, arena, piedra y agua; y de esta manera definir la mejor opción para la elaboración de bloques ecológicos.

Se busca consolidar las propiedades físicas de materiales sin PET y otros con PET para realizar comparaciones apropiadas, con piedras o sin piedras basado en la fabricación de mezcla de mortero o de concreto (ICONTEC, 2017).

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Metodología de reúso del material PET dentro de la construcción de la vivienda

Tras realizar una consulta a una empresa local de recolección de reciclaje en el sur de Bogotá, se ha determinado que el valor del kilogramo de material reciclable que reciben es de \$800. Sin embargo, estas empresas venden el material a grandes compañías a un precio que oscila entre \$950 y \$1000 por kilogramo. Es importante destacar que estas pequeñas empresas de recolección están afiliadas a asociaciones, en este caso específico, a ASOREAM.

Además, la UAESP (Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos) mediante la resolución 119 de 2013 establece un reconocimiento económico para la población recicladora de oficio. La información fue proporcionada por una fuente humana, mediante entrevista personal confirmando este hecho.

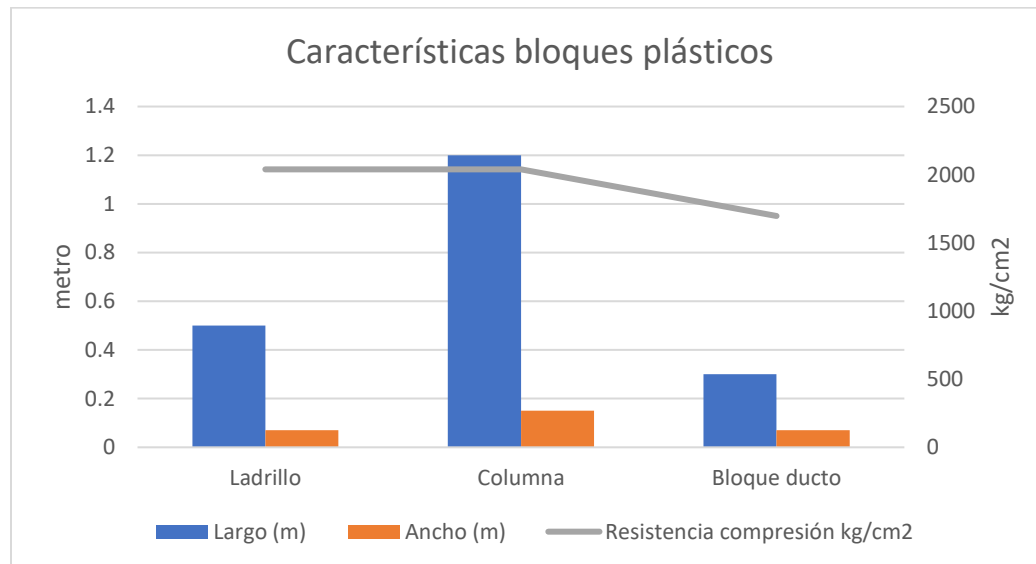
Por medio de la recolección de información por parte de proveedores se define la siguiente tabla con las propiedades de los productos que fabrican para la construcción de una vivienda, teniendo en cuenta ladrillos que facilitan su ensamble, columnas para soporte y bloques ducto para complementar el ensamble.

Tabla 9 Propiedades físicas de bloques plástico para la construcción

Característica	Unidades	Ladrillo Plástico 0.5x0.07m	Columna Plástica 1.2x0.15m	Bloque ducto 0.3x0.07m
Durabilidad	Alta-Media-Baja	Alta	Alta	Alta
Resistencia a tracción	Kg/cm ²	1892 kg/cm ²	1892 kg/cm ²	1262 kg/cm ²
Resistencia a compresión	Kg/cm ²	2039 kg/cm ²	2039 kg/cm ²	1697 kg/cm ²
Temperatura máxima de trabajo	°C	50-75°C	50-75°C	50-75°C
Temperatura mínima de trabajo	°C	-20°C	-20°C	-20°C
Módulo elástico	Mpa	1300Mpa	1300Mpa	1300 kg/cm ²
Densidad	g/cm ³	0.98 g/cm ³	0.98 g/cm ³	0.98 g/cm ³
Flamabilidad	Alta-Media-Baja-Ninguna	Ninguna	Ninguna	Ninguna
Resistencia a agentes químicos	Alta-Media-Baja	Excelente	Excelente	Excelente
Reciclaje	Si - No	Si	Si	Si
Precio	COP	\$ 2.800	\$ 5.700	\$2.500

Fuente: Ficha técnica proveedores Conceptos Plásticos. Elaboración propia

Gráfica 1 Características bloques plásticos



Fuente: Ficha técnica proveedores Conceptos Plásticos. Elaboración propia

A partir de la Gráfica 1 se observa el comportamiento de la resistencia a la compresión relacionado en los cambios de largo y ancho de los bloques de plástico, en el cual se observa que a partir de menores dimensiones del largo y manteniendo el mismo ancho se obtiene una disminución de la resistencia a la compresión.

La siguiente tabla presenta las propiedades de distintos materiales que se tiene en el mercado para la construcción, se evalúan las propiedades para definir las ventajas de estos materiales.

Tabla 10 Propiedades de materiales para la construcción

Propiedades	Bloque Plástico	Madera	Concreto	Metal
No requiere mantenimiento	X	X	X	X
Ahorro de tiempo y mantenimiento	X	X	X	X
Durable – Resistente a la Intemperie	X	X		X

Incluyendo condiciones meteorológicas extremas				
Resistente a la humedad Impermeable, no absorbe	X	X	X	X
Inmune a insectos, roedores y microorganismos No requiere inmunización	X	X		
Anticorrosivo No requiere pintura protectora	X			X
A prueba de putrefacción No presenta lixiviación	X	X		X
No propaga la llama Completamente ignífugo	X	X		
Aislante térmico, acústico y eléctrico Bajo coeficiente de conductividad térmico	X			X
Resistencia a impactos, tracción y flexión Excelentes propiedades mecánicas y resistencia al impacto	X	X		X
Facilidad de maquinado Facilidad para cortar, taladrar, clavar, perforar	X	X	X	X
Facilidad de acabados Recibe pañete, pintura y enchape	X		X	X
Fácil y rápida instalación No requiere mano de obra especializada	X		X	X
Ecológico 95% materiales reciclados	X	X	X	X

Accesibilidad de materiales en la zona	X	X	X	X
--	---	---	---	---

Fuente: Elaboración propia, información proveedores

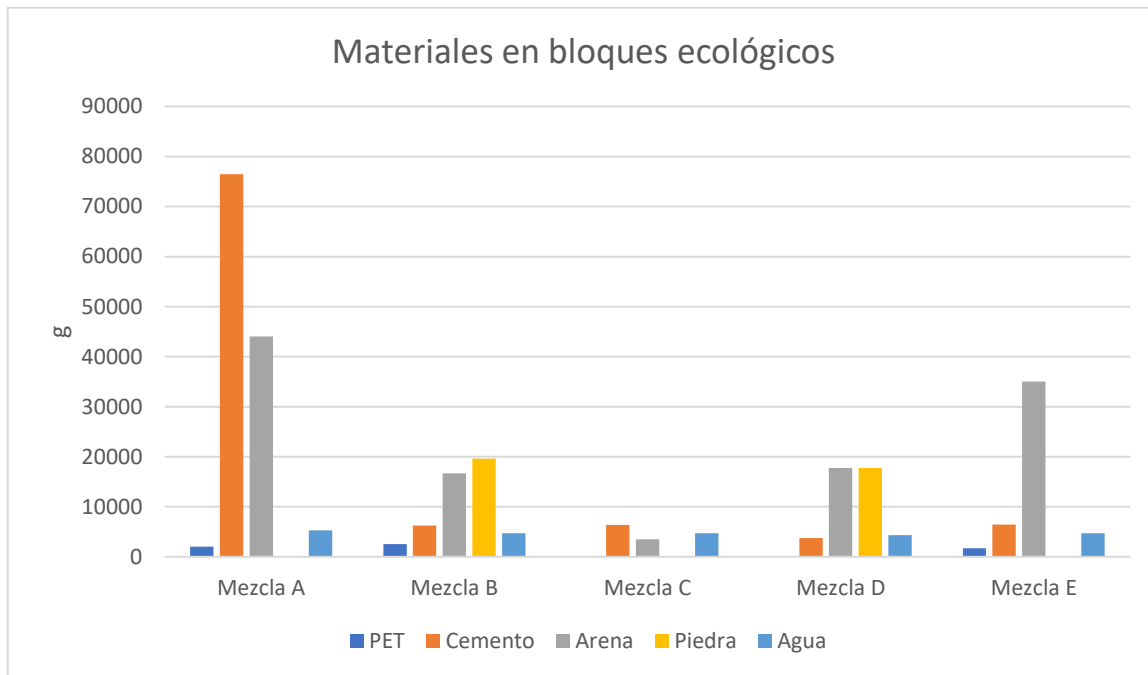
Otra opción dentro de la construcción de bloques con plástico, se tiene la mezcla de plástico con materiales ya usados en la construcción, como cemento y sus derivados. A continuación, se comparten unas pruebas teóricas a distintos ensayos realizados cambiando las proporciones de los materiales base para la fabricación de los bloques ecológicos, teniendo como referencia las propiedades base del concreto y mortero.

Tabla 11 Contenido diferentes mezclas para construcción

MEZCLA	A Mortero 5% PET	B Concreto 15% PET	C Mortero	D Concreto	E Mortero 10% PET
PET (g)	2.000	2.600	0	0	1.700
Cemento (g)	76.500	6.200	6.400	3.800	6.400
Arena (g)	44.000	16.700	3.500	18.000	35.000
Piedra (g)	0	19.600	0	17.800	0
Agua (g)	5.300	4.700	4.700	4.300	4.700

Fuente: Basado en investigaciones en la construcción (Cabo Laguna, 2011)

Gráfica 2 Composición de bloques para la construcción

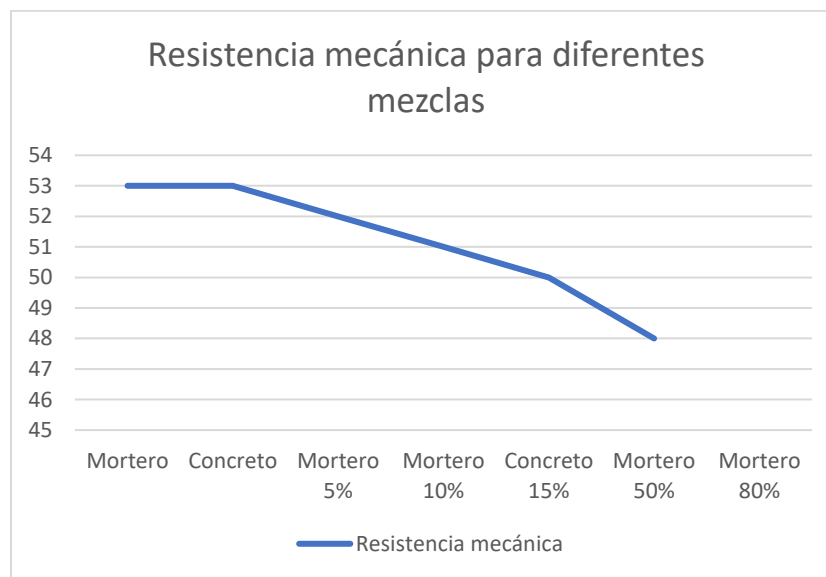


Fuente: Elaboración propia

El PET se puede utilizar como agregado en las mezclas para ayudar a la disposición final de los residuos plásticos, lo que indirectamente reduce el impacto ambiental. Estas mezclas se pueden utilizar para construir elementos de ingeniería civil con cargas y durabilidad dentro de un rango determinado. La selección de la dosificación de arena y cemento debe tener en cuenta tanto el factor económico como el de resistencia y durabilidad. La resistencia a la compresión se puede alterar manteniendo un contenido de cemento constante mientras se varía el contenido de arena del PET. Aunque la resistencia del concreto se reduce ligeramente cuando se agrega PET, la mezcla aún se puede usar para bloques y otros elementos que no necesitan ser estéticamente agradables o soportar cargas pesadas. Teniendo en cuenta el peso del plástico y del ladrillo y la densidad de ambos materiales cuando se tiene mezclas, el peso del bloque unitario se reduce, ya

que el peso promedio el PET de 0.784 gr y del ladrillo convencional sería 1.075 gr en promedio. Haciendo uso de la ecuación de resistencia mecánica se calcula para cada mezcla propuesta, y se presentan los resultados en la Gráfica 3, en la cual se observa claramente a medida que aumenta la cantidad de PET se va reduciendo la capacidad de resistencia mecánica de los bloques con mezcla. De esta manera se fijan los límites de agregación de PET para las mezclas con concreto, el cual se tiene hasta el 15% de agregación antes de comenzar a comprometer las propiedades mecánicas de los bloques.

Gráfica 3 Resistencia de mezclas



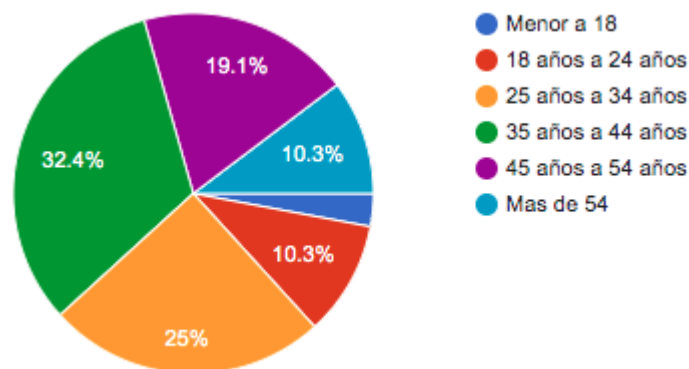
Fuente: Elaboración propia

Como instrumento para la evaluación de factibilidad de la utilización e interés de eco-bloques en la sociedad, se presentan los resultados de las encuestas realizadas a la población

definida del norte de Bogotá en zona rural. Se obtienen un total de 68 respuestas, superando la meta definida de muestra requerida.

Como parte de la definición de la población de la muestra se obtiene inicialmente que más del 50% de la población se encuentra entre las edades 25-44 años, el 19% de la población tiene 45-54 años. El target de población son personas que se encuentran en edad de adquisición de viviendas

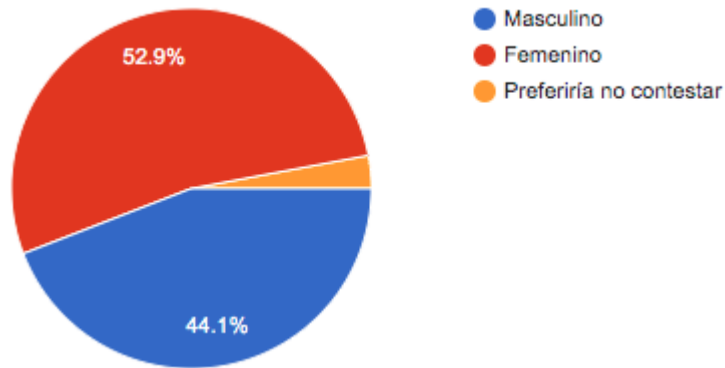
Gráfica 4 Edad de la población



Fuente: Elaboración propia

Se logra tener casi un 50% - 50% entre hombre y mujeres dentro de los encuestados, por lo tanto, no se es necesario sesgar las respuestas de interés por género.

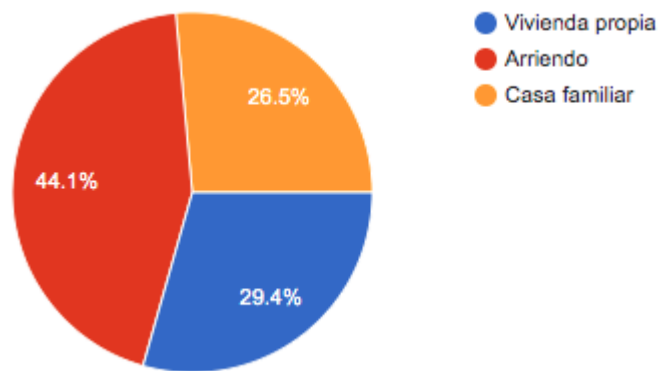
Gráfica 5 Género de la población



Fuente: Elaboración propia

Casi un 50% de las personas encuestadas viven en arriendo, lo cual pueden llegar a ser potenciales personas interesadas en la adquisición de las viviendas a partir de la reutilización del plástico.

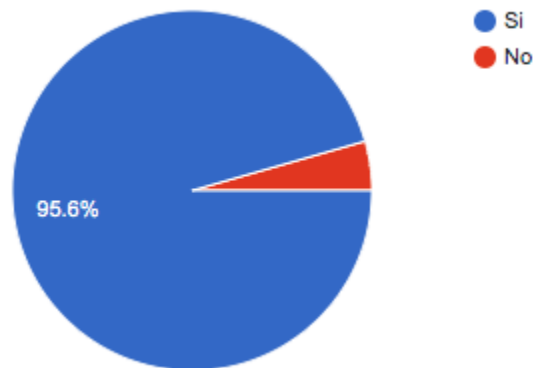
Gráfica 6 Situación de vivienda de la población



Fuente: Elaboración propia

Al más del 95% le interesaría conocer sobre la construcción de viviendas a partir de bloques con plástico reciclado.

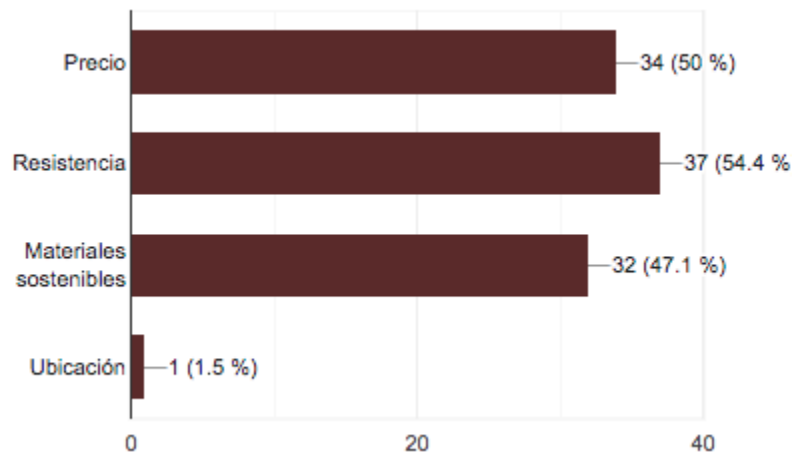
Gráfica 7 Interesados en la construcción de viviendas con plástico



Fuente: Elaboración propia

Se dio la posibilidad de mencionar los aspectos que considera importantes dentro del concepto de vivienda que se encuentre fabricada con material plástico, en el cual se busca que la vivienda cuente con propiedades de resistencia necesarias, seguido del precio y el uso de materiales sostenibles. Esto deja observar que el tema de poder asegurar una vivienda que cumpla con estos tres parámetros es lo que los interesados están dispuestos a conocer, el tema de la ubicación no fue un tema a considerar para la mayoría de los entrevistados.

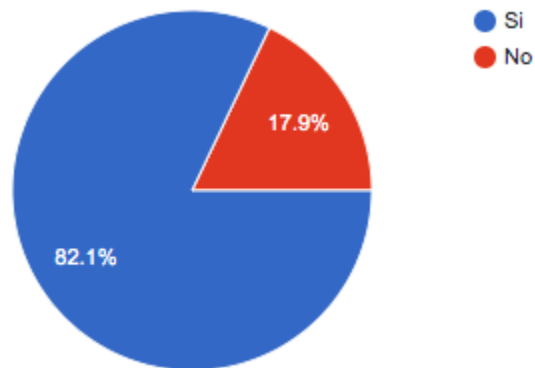
Gráfica 8 Características de una vivienda ecosostenible deseables por la población



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta la planeación de costos de una vivienda con materiales con plástico reciclado, se buscó evaluar el interés de las personas por la adquisición de una vivienda que tenga un costo de \$1.900.000 el metro cuadrado, se obtuvo un resultado positivo en el cual más del 80% estarían dispuestos para la compra de una vivienda basada en la idea de que esta sea hecha a partir de materiales ecosostenibles.

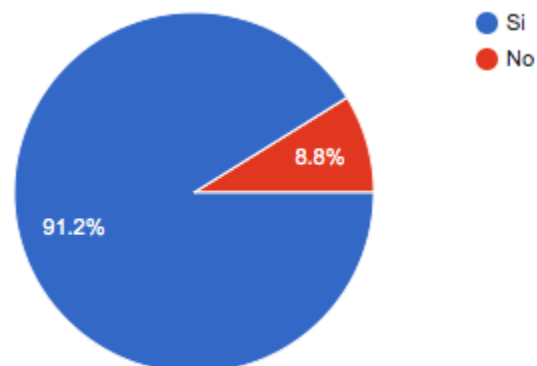
Gráfica 9 Población dispuesta a la adquisición de vivienda ecosostenible



Fuente: Elaboración propia

Finalmente se quiere evaluar la iniciativa de los encuestados de ser parte de la construcción de casas ecosostenible como parte un proyecto social, buscando también visibilizar la importancia del déficit de viviendas en Colombia, y así fortalecer las estrategias de construcción de este tipo de viviendas, se obtienen resultados positivos de los encuestados, ya que más del 90% estarían dispuestos.

Gráfica 10 Población dispuesta a participar en la construcción de viviendas



Fuente: Elaboración propia

Comparativo entre viviendas con construcción tradicional y con material reciclable PET

Como resultado de la consulta con empresas expertas en el manejo de este material, se realizará el análisis para una unidad de vivienda básica de 57 m² con sus respectivos acabados. Lo anterior, es con el fin de evaluar integralmente las ventajas y desventajas.

La vivienda consta de 2 alcobas, 1 baño, 1 Sala- comedor, 1 cocina y zona de patio como se detalla en la Ilustración 16. Para el sistema constructivo tradicional, se contempla mampostería de perforación vertical con vigas de amarre. De los datos recogidos, todos comparten el mismo concepto la carga muerta es considerablemente menor, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12. Peso Modelos Bloques

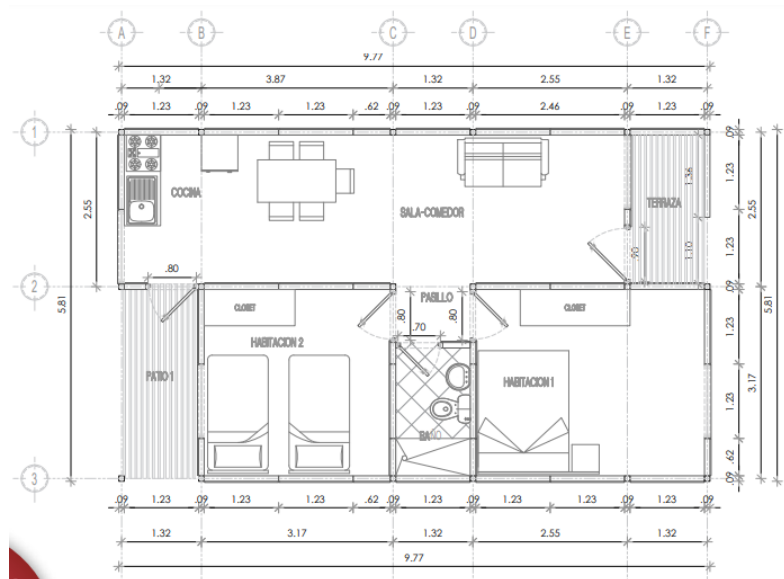
TIPO [cm]	Peso Und [gr]
Modelo Leidy Garzon, Luis Guzmán 20x10x6 (Guzman Serrano & Garzon Castro, 2019)	649
Bloque Homecell 20x10x10	350
Conceptos Plásticos 53x7	2.513
Ladrillo común arcilla PV 33X11,5X11	4.100

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior influye en las cargas muertas, lo cual se traslada directamente al diseño de la cimentación, pues en una vivienda con bloque plástico es tan solo de 180 kg/m² (Gómez, 2020), lo cual se traduce en ahorros de hasta el 70% en estructura de cimentación.

Una vez realizado los cálculos de materiales y mano de obra para la construcción de una vivienda básica de 57 m² con todos los acabados y bloque de arcilla de perforación vertical, se puede concluir que su costo es de \$143.954.083 como se muestra en la tabla No. 13, es decir aproximadamente \$2.500.000 por metro cuadrado construido; El tiempo de construcción es de aproximadamente 4 meses.

Ilustración 16. Modelo Vivienda



Fuente:(FLUBDA, s.f.)

Tabla 13. Costo vivienda sistema tradicional

ANÁLISIS COSTO DIRECTO PARA UNA CASA 57M2 SISTEMA TRADICIONAL				
CAPITULO	DESCRIPCION	Valor Parcial	Valor Capitulo	%
A10	Cimentaciones		\$ 20.461.101	17,91%
B10	Pórticos estructurales		\$ 38.000.092	33,26%
B20	Acabados muros, ventanas y puertas		\$ 12.657.112	11,08%
C30	Acabados pisos		\$ 2.691.618	2,36%
B30	Cubiertas		\$ 5.870.423	5,14%
D20	Baños y griferías		\$ 2.505.169	2,19%
D20	Redes hidrosanitarias		\$ 4.723.420	4,13%
D50	Redes eléctricas		\$ 6.757.004	5,91%
G10	Preliminares y Equipos		\$ 20.583.334	18,02%
COSTO DIRECTO			\$	114.249.272
ADMINISTRACIÓN		20%	\$	22.849.854
IMPREVISTOS		1%	\$	1.142.493
UTILIDAD		5%	\$	5.712.464
VALOR TOTAL			\$	143.954.083

Fuente: Elaboración propia

Tomando como base los precios de la Fundación Ilena una botella de amor y realizado los cálculos de materiales y mano de obra para la construcción de una vivienda básica de 57 m² con todos los acabados y sistema con material PET, se puede concluir que su costo es de \$112.427.175 como se muestra en la tabla No. 14, es decir aproximadamente \$1.970.000 por metro cuadrado construido; El tiempo de construcción es de aproximadamente 2 meses.

Tabla 14. Costo vivienda con material PET

ANÁLISIS COSTO DIRECTO PARA UNA CASA 57M2 MATERIAL PET				
CAPITULO	DESCRIPCION	Valor Parcial	Valor Capitulo	%
A10	Cimentaciones		\$ 13.994.225	14,81%
B10	Estructura en Material PET		\$ 54.621.849	57,82%
C30	Acabados pisos		\$ 2.691.618	2,85%
D20	Baños y griferías		\$ 2.505.169	2,65%
D20	Redes hidrosanitarias		\$ 4.723.420	5,00%
D50	Redes eléctricas		\$ 6.757.004	7,15%
G10	Preliminares y Equipos		\$ 9.183.334	9,72%
COSTO DIRECTO			\$ 94.476.618	
	ADMINISTRACIÓN	13%	\$ 12.281.960	
	IMPREVISTOS	1%	\$ 944.766	
	UTILIDAD	5%	\$ 4.723.831	
VALOR TOTAL			\$ 112.427.175	

Fuente: Elaboración propia

Tras analizar los costos directos de cada sistema, se ha identificado un ahorro del 17% con la construcción de material PET. En cuanto a los costos indirectos, se ha observado un ahorro del 40% en la vivienda PET. En general, la vivienda construida con material PET muestra un ahorro total del 21% en comparación con la vivienda construida con el sistema tradicional como se detalla en la ilustración No .17.

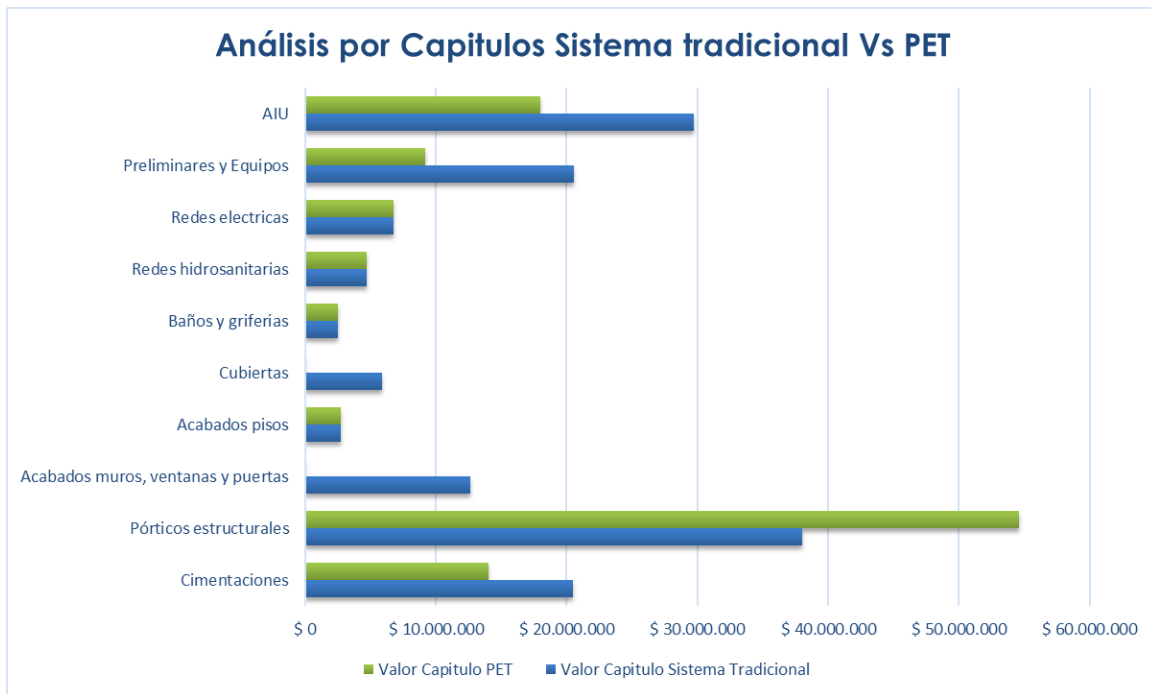
Gráfica 11 Comparativo de costos



Fuente: Elaboración propia

Al analizar minuciosamente los capítulos principales, se puede observar que la distinción se encuentra en los costos preliminares y equipos, prototipos estructurales, cimentaciones y los acabados de muros, como se observa en la Ilustración No.18. Además, es importante destacar que los bloques PET son resistentes a la humedad, lo que significa que no retienen ni generan moho ni hongos. Además, este tipo de proyectos no genera desperdicios ni escombros

Gráfica 12 Analisis por capítulos



Fuente: Elaboración propia

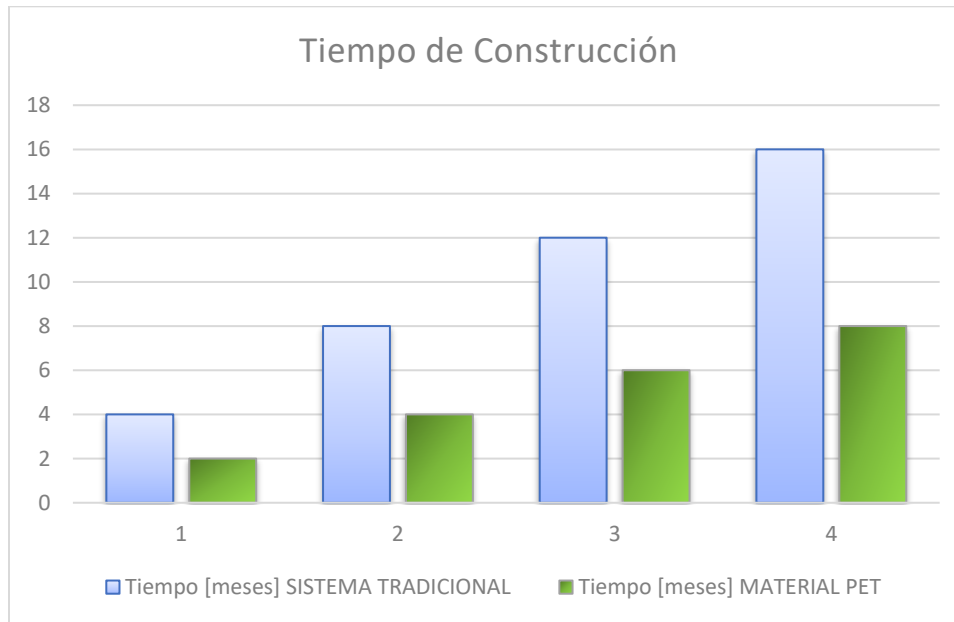
Otro análisis importante a considerar es el tiempo de construcción. Por ejemplo, el montaje de un metro cuadrado utilizando bloques PET lleva aproximadamente 15 minutos, mientras que en el sistema tradicional se requieren alrededor de 40 minutos, sin incluir el proceso de pañete o estuco. Si realizamos un análisis en términos de volumen, se observa que en 8 meses se pueden construir 4 unidades de vivienda utilizando material PET, mientras que, en el sistema tradicional, estas mismas 4 casas requerirían un total de 16 meses, es decir, el doble de tiempo ver tabla No. 15 e ilustración No.19. Este incremento en el tiempo de construcción se traduce en mayores costos asociados.

Tabla 15. Análisis de tiempo de construcción

Cant Casas	Tiempo [meses]	
	SISTEMA TRADICIONAL	MATERIAL PET
1	4	2
2	8	4
3	12	6
4	16	8

Fuente: Elaboración propia

Gráfica 13 Análisis tiempo de construcción.

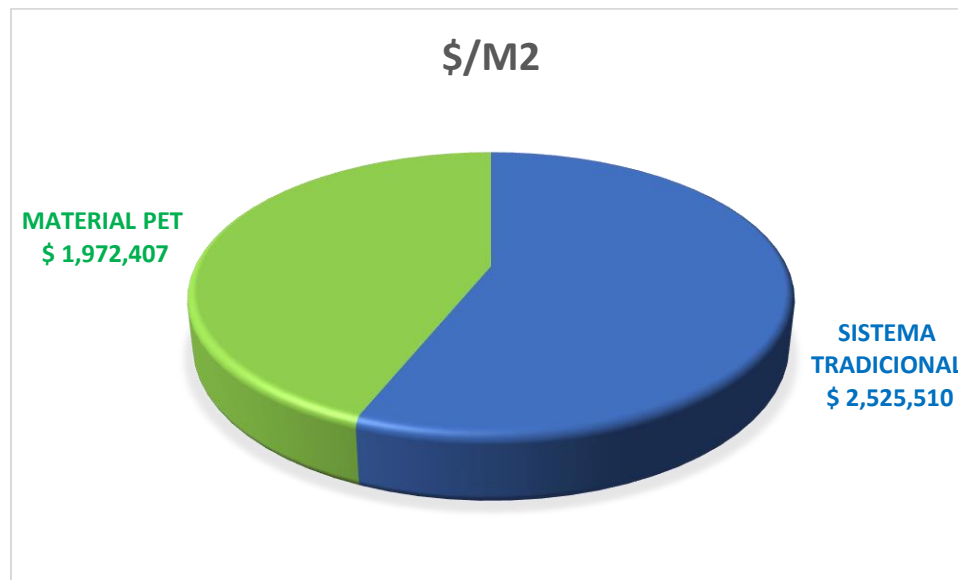


Fuente: Elaboración propia

Finalmente, considerando los análisis anteriores, se llega a la conclusión de que el costo por metro cuadrado es menor utilizando el sistema de bloques PET como se detalla en la gráfica No. 6 y, además, el tiempo de construcción es más reducido en comparación con el sistema tradicional. Es importante destacar que, según la legislación colombiana, las viviendas de interés prioritario tienen un valor de 90 smmlv. Si se lograra popularizar la construcción con bloques

PET, podría ser factible construir un mayor número de viviendas con costos más bajos, lo cual sería beneficioso para la comunidad.

Gráfica 14 Costo por m2



Fuente: Elaboración propia

Estrategias para fomentar el reciclaje ligado a los proyectos de construcción de viviendas con plástico PET

En la investigación se pudieron determinar las siguientes estrategias que fomentan la participación activa de los integrantes de la sociedad, para fortalecer el proceso de reciclaje y aprovechamiento de los plásticos PET, en la construcción de vivienda de interés social en las áreas rurales de los municipios, las cuales se enuncian a continuación:

Realizar capacitaciones a los diferentes actores del sector de la construcción, mostrando las ventajas de construir con eco-bloques realizados a partir del reciclaje del PET, a su vez realizando

capacitaciones técnicas de todo el proceso que compone la recolección y transformación del PET y las formas como se usan los eco-bloques.

Fomentar en los recicladores, la asociación entre ellos, para mejorar las técnicas de recolección y las ventajas de reciclar el PET, ayudando a mitigar la huella ambiental y mejorando la calidad de vida al tener una vivienda digna, tanto en beneficio de ellos y a los habitantes de las áreas rurales.

Realizar convenios con instituciones del estado donde se exija, que anualmente se construyan viviendas de interés social, en las áreas rurales de los municipios, usando los subsidios que entrega el estado para construcción de viviendas nuevas usando la construcción con eco-bloques, realizados con el reciclaje del PET.

Realizar convenios para que, a través de las empresas y asociaciones de reciclaje, exista una compensación en las facturas de recolección de basuras, para las grandes empresas y conjuntos residenciales que reciclen determinadas cantidades de PET, ayudando a mejorar la recolección y su disposición a las plantas que fabriquen los eco-bloques.

Problemáticas en la construcción de una vivienda con PET y sus distinciones con las viviendas convencionales

La principal problemática que se puede presentar, en la construcción de viviendas PET, es la recolección y disposición final al reciclar los plásticos PET, aunque en la actualidad, la sociedad en general ha tomado más conciencia ambiental, se debe mejorar el sistema de reciclaje, para su

disposición final en las plantas de fabricación de los materiales de construcción PET y mejorar la disposición del material, para la fabricación de los eco-bloques.

Otro inconveniente es la falta de concomimiento de varios sectores de la sociedad, ante la reutilización de los plásticos PET en la construcción, lo que genera que exista desconfianza en la utilización de los eco-bloques, lo que conlleva a que se debe dar a conocer toda la cadena de reutilización, a través de las estrategias planteadas para el aprovechamiento de los materiales PET mejorando la capacitación en todos los sectores de la sociedad en acompañamiento con las políticas de estado, al usar materiales reciclados en el sector de la construcción.

Otro tema a tratar son las diferencias que tiene la construcción de viviendas con plástico reciclado tipo PET a través de eco-bloques, y la construcción de viviendas convencionales.

Inicialmente y como se observa en el desarrollo de la investigación, existe un desconocimiento al reciclaje de plásticos PET, lo que incrementa la contaminación del medio ambiente, a lo cual, dando a conocer las ventajas de la construcción con eco-bloques, se mejoraría la aceptación de este tipo de construcciones, adicionalmente es de anotar que respecto a la construcción tradicional generalmente se utilizan hornos artesanales para la fabricación del ladrillo, los cuales usan fuentes de alimentación combustible como son llantas, aceites ya usados, desechos de madera, residuos industriales entre otros, lo que genera una contaminación ambiental de alto impacto; es en esta situación que se debe implantar otras técnicas de construcción además de los materiales de reciclaje como el eco-bloque, que ayuda a mitigar la huella ambiental, que evite expulsar a la atmósfera gases de efecto invernadero, y como se evidencia en la investigación, la construcción con materiales reciclados ayuda a la economía de las sociedades, ya que dichos

materiales se pueden adquirir a un costo de ahorro del 40%, de acuerdo con la construcción tradicional.



Seminario de Investigación **Especialización**

CONCLUSIONES

Se comprobó a través de la investigación que el plástico tipo PET, es el material que debe ser usado para fabricar los eco-bloques, ya que, por sus características químicas y físicas, permiten una mejor durabilidad, incluso logrando que sean anti inflamables y con características antisísmicas; además del costo-beneficio con los materiales de mampostería tradicional.

El eco-bloque por sus características físicas, con los demás complementos usados para la construcción de las casas, permite facilitar su transporte, lo que permitirá un mejor acceso a las familias, ya que reduce en gran porcentaje los costos en comparación con los materiales tradicionales.

Es de anotar lo importante que es implantar el aprovechamiento de los plásticos PET como una real política pública, ya que generando una consciencia en toda la población podemos generar un gran cambio respecto a la construcción sostenible con los eco-bloques, que es amigable con el medio ambiente evitando que dichos materiales lleguen a los rellenos sanitarios donde se desaprovechan y contaminan, ayudando a la economía circular, con los hogares que generan su sustento con la actividad del reciclaje.

A lo anteriormente enunciado es de resaltar el resultado de las estrategias propuestas, ya que al ponerlas en práctica permitirán, solucionar de manera progresiva la solución de vivienda tipo rural, en todos los municipios que cuentan con la infraestructura adecuada para la fabricación de los eco-bloques, además de la construcción de casas que permitan mejorar la calidad de vida siendo en realidad asequibles por sus costos comparados con la construcción tradicional.

Otro aspecto a resaltar es que al realizar las construcciones con material plástico eco-bloque, se reduce el tiempo de la construcción, ya que las empresas consultadas usan la fabricación tipo lego que permite ahorrar en materiales adicionales como pegamentos o siliconas.

De acuerdo a las técnicas de investigación, a través de las encuestas, consultas y demás, se puede concluir que en un buen porcentaje de la sociedad existen personas y empresas interesadas en este tipo de proyectos, pero resaltan que este tipo de proyectos, deben armonizarse con las entidades del estado, para que se desarrolle de una manera más dinámica y practica la construcción de casas con eco-bloques, y a su vez generando una conciencia con el ambiente disminuyendo la huella ambiental del planeta y mejorando la calidad de vida de las personas que viven en las áreas rurales del país. Con las encuestas a los interesados se observa una acogida positiva a las intenciones de poder brindar viviendas con materiales que aporten al ecosistema de la ciudad y de igual manera la disponibilidad de aportar a la problemática de déficit de vivienda que hay en el país.

El análisis de costos revela que el costo por metro cuadrado de una vivienda utilizando material PET es de \$1.972.407, mientras que el costo por metro cuadrado de una vivienda construida con el sistema tradicional es de \$2.525.510. Estos datos demuestran claramente que el sistema constructivo con material PET es económicamente viable en comparación con el sistema tradicional.

Al realizar un análisis, se determina que el tiempo de construcción de una vivienda utilizando el sistema tradicional es el doble en comparación con una vivienda construida con material PET. Este hallazgo resalta la eficiencia y rapidez del sistema constructivo basado en

material PET, lo cual representa una ventaja significativa en términos de tiempo y posibles ahorros en costos asociados a la duración de la construcción.

REFERENCIAS

- ACIS. (2010). REGLAMENTO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE NSR 2010. En A. C. Sismica. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- ACOPLASTICOS. (2022). PLÁSTICOS EN COLOMBIA 2021.
https://www.acoplasticos.org/images/banners/publicaciones/1_-_PenC_2021_-_v_digital_compressed.pdf
- AEMA. (2023). *Acerca de residuos y recursos materiales*. Obtenido de Agencia Europea de Medio Ambiente: <https://www.eea.europa.eu/es/themes/waste/about-waste-and-material-resources>
- Afanador García, Nelson, Guerrero Gómez, Gustavo, & Monroy Sepúlveda, Richard. (2012). PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LADRILLOS MACIZOS CERÁMICOS PARA MAMPOSTERÍA. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 22(1), 43-58. Retrieved April 05, 2023, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702012000100003&lng=en&tlng=es.
- Arquitectura y Empresa. (2023). *Sistema ECOTEC: cómo reutilizar las botellas de PET en la construcción*. Obtenido de Arquitectura y Empresa: <https://arquitecturayempresa.es/noticia/sistema-ecotec-como-reutilizar-las-botellas-de-pet-en-la-construccion>

- Bancomundial. (2019). *Convivir con basura: el futuro que no queremos*. Obtenido de Banco Mundial: <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/03/06/convivir-con-basura-el-futuro-que-no-queremos>
- CBB. (2019). *Colombia entierra anualmente 2 billones de pesos en plásticos que se pueden reciclar*. Obtenido de CBB: Colombia entierra anualmente 2 billones de pesos en plásticos que se pueden reciclar.
- CEMPRE. (2023). *Recicladores de oficio*. Obtenido de Compromiso Empresarial Para el Reciclaje CEMPRE: <https://cempre.org.co/con-quien-trabajamos/#secr>
- Chemwatch. (2022). *Códigos de reciclaje*. Obtenido de Chemwatch: <https://www.chemwatch.net/es/blog/recycling-codes-explained/>
- Colombia compra eficiente. (2023). Obtenido de <https://www.colombiacompra.gov.co/>
- Conceptos Plásticos. (2023). *From waste to shelter*. Obtenido de Conceptos Plásticos: <https://conceptosplasticos.com/content/brick-and-blocks.html>
- Construyored. (2022). *Creación de ecobloques a partir de botellas recicladas*. Obtenido de Construyored: <https://construyored.com/noticias/2417-creacion-de-ecobloques-a-partir-de-botellas-recicladas>
- Cuello. M. y Arrauth, K. (2019). La segunda vida de los materiales: El reciclaje y su aplicabilidad en la arquitectura y el diseño urbano, MODULO ARQUITECTURA CUC, vol. 22, no. 1, pp. 159-194, 2019. DOI: <http://doi.org/10.17981/mod.arq.cuc.22.1.2019.07>

DANE. (2022). *Déficit Habitacional 2021 Encuesta Nacional de Calidad de Vida*. Obtenido de DANE: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/deficit-habitacional/Boletin-tec-deficit-hab-2021.pdf>

DANE. (2022). *Indicadores económicos alrededor de la construcción*. Obtenido de DANE: https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/bol_ieac_ivtrim22.pdf.

DANE. (2023). *Indicadores Económicos Alrededor de la Construcción (IEAC)*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib_const/bol_ieac_ivtrim22.pdf.

DNP. (2022). *Guía NACIONAL para la adecuada separación de residuos sólidos*. Obtenido de DNP: <https://economyacircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/06/guia-nacional-para-la-adecuada-gestion-de-residuos-colombia-2022.pdf>

EEA. (2016). *Acerca de los residuos y materiales*. Obtenido de Agencia Europea del Medio Ambiente: <https://www.eea.europa.eu/es/themes/waste/about-waste-and-material-resources>

Envaselia. (2023). *Tereftalato de Polietileno*. Obtenido de Envaselia: <https://www.ensavelia.com/blog/tereftalato-de-polietileno-id12.htm>

Federación de Enseñanza de CC.OO. de Andalucía. (2011). *TIPOS DE ESFUERZOS FÍSICOS*. Revista Digital Para Profesional de La Enseñanza, 15.

FLUBDA. (s/f). Proyecto vivienda de 57 m2 en plástico reciclado. Recuperado el 20 de mayo de 2023, de Fundación Llena Una Botella De Amor

Gaggino, R., Arguello, R., & Berretta, H. (2007). Aplicación de Material Plástico Reciclado en Elementos. *Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina*.

Gareca, Mireya, Andrade, Marcial, Pool, Diana, Barrón, Fara, & Villarando, Hugo. (2020). NUEVO MATERIAL SUSTENTABLE: LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE RESIDUOS INORGÁNICOS. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación* , 18(21), 25-61. Recuperado en 05 de abril de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872020000100003&lng=es&tlng=es.

Geyer et al, OCDE (2017) Global plastics production. Obtenido de:
<https://ourworldindata.org/grapher/global-plastics-production>

Gómez, C. (2020). Análisis económico de la implementación de bloque plásticos reciclados en diferentes proyectos de construcción en la ciudad de Villavicencio. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.

GREENPEACE. (s.f.). *Di basta a los plásticos*. Obtenido de Greenpeace:
<https://www.greenpeace.org/colombia/tag/plasticos/>

Guzman Serrano, L. F., & Garzon Castro, L. N. (2019). Ladrillo de plástico como material sostenible para la construcción [CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS].
<https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/13167>

Hanna, R. (2018). *Plastic Pollution Our World in Data*. Obtenido de Our World in Data:
<https://ourworldindata.org/plastic-pollution>

Hernández, Fernández y Baptista. (2010) Metodología de la investigación. Obtenido de:
https://www.academia.edu/25455344/Metodog%C3%ADa_de_la_invetigaci%C3%Bn_Hernandez_Fernandez_y_Baptista_2010_

ICONTEC. (2009). Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos.
Parte 2: mampostería no estructural NTC 4205.

ICONTEC. (2013). Criterios ambientales para ladrillos y bloques de arcilla. Norma Técnica Colombiana NTC 6033. En ICONTEC, *Etiquetas ambientales tipo 1. Sello ambiental Colombiano*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
ICONTEC.

ICONTEC. (2013). Etiquetas Ambientales Tipo 1. Sello Ambiental Colombiano. Norma Técnica Colombiana NTC 6033. En ICONTEC, *Criterios Ambientales Para Ladrillos Y Bloques De Arcilla*. Bogotá: Instituto Colombiano De Normas Técnicas Y Certificación
ICONTEC.

ICONTEC. (2017). Norma Técnica Colombiana NTC 4205-2. En I. I. Certificación, *Unidades de concreto para mampostería no estructural*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC.

ICONTEC. (2021). Método de ensayo para determinar las propiedades de tracción en plásticos NTC 595. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC.

ICONTEC. (2023) Certificación Sello Ambiental Colombiano – Establecimientos de Alojamiento y Hospedaje – NTC 5133. Obtenido de:
https://www.icontec.org/eval_conformidad/certificacion-sello-ambiental-colombiano/

Instron. (n.d.). Resistencia a la compresión. <https://www.instron.com/es-es/resources/glossary/c/compressive-strength#:~:text=Esfuerzo%20m%C3%A1ximo%20que%20puede%20soportar,ajustados%20como%20una%20propiedad%20independiente.>

Jambeck et al. (2015) Plastic waste generation per person. Obtenido de:
<https://ourworldindata.org/grapher/plastic-waste-per-capita?country=USA~GBR~CHN~CAN~BRA~IND~DEU>

Jethy, B., Paul, S., Das, S. K., Adesina, A., & Mustakim, S. M. (2022). Critical review on the evolution, properties, and utilization of plasticwastes for construction applications. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 435–451.

Meijer et al (2021), Mismanaged plastic waste per capita (2019). Obtenido de :

<https://ourworldindata.org/grapher/mismanaged-plastic-waste-per-capita?tab=chart>

Mejía Osorio. (2020). Estudio del manejo de residuos plásticos en Colombia [Tecnologico de antioquia]. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/952>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2020) pag 6, Política Pública de Vivienda de interés social rural. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-11/anexo-i.-politica-publica-de-vivienda-de-interes-social-rural.pdf>

Minvivienda. (2020). *Plan Nacional de Construcción y Mejoramiento de Vivienda Social Rural - PNVISR*. Obtenido de Minvivienda:

<https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2021-08/plan-nacional-de-construccion-y-anexo-a-cronograma.pdf>

MPC. (2023). *Maderas Plásticas*. Obtenido de Madera Plástica de Colombia:

<https://mpc.com.co/maderas-plasticas/>

Newconex. (n.d.). Green Solution. Retrieved April 4, 2023, from <https://newconex.co/homecell/>

Nueva ISO 14001. (2021). *Reciclaje industrial: tipos y ventajas*. Obtenido de Nueva ISO 14001:

<https://www.nueva-iso-14001.com/2021/08/reciclaje-industrial-tipos-y-ventajas/>

Nyika, J., & Dinka, M. (2022). Recycling plastic waste materials for building and construction

Materials: A minireview. *Materials Today: Proceedings*, 62, 3257–3262.

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.226>

Oliveros Salinas, P. S., & Vargas Cifuentes, J. A. (2021). Propuesta de una alternativa de reciclaje para envases de bebida de plástico PET pos consumo de la ciudad de Bogotá [Fundación Universidad de América]. <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8647>

Palapa, C. R. (2013). *El PET como sistema alternativo para la construcción de muros en la vivienda*. Obtenido de Azcapotzalco: <https://core.ac.uk/download/pdf/128738089.pdf>

Piñeros, M., & Herrera, R. (2018). PROYECTO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA PARA LA fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (pet), aplicados en la construcción de vivienda. Universidad católica de colombia.

Plásticos Acevedo. (2023). *Plásticos Acevedo Productos*. Obtenido de Plásticos Acevedo: <https://plasticosacevedo.com.co/tablas-en-madera-plastica/>

Rochman, C. M., Browne, M. A., Halpern, B. S., Hentschel, B. T., Hoh, E., Karapanagioti, H. K., Rios-Mendoza, L. M., Takada, H., Teh, S., & Thompson, R. C. (2013). Classify plastic waste as hazardous. *Nature*, 494(7436), 169–171. <https://doi.org/10.1038/494169a>

Samarpan. (2023). *Construction*. Obtenido de Samarpan: <https://samarpanfoundation.org/media/9>

SEMANA. (2019). *En Colombia, por cada 10 botellas plásticas que salen al mercado solo se reciclan 3*. Obtenido de SEMANA: <https://www.semana.com/medio-ambiente/articulo/que-sucedo-con-el-reciclaje-de-botellas-pet-en-colombia/46691/>

Servicio Geológico Colombiano. (2019). *Amenaza Sísmica*. Obtenido de Servicio Geológico Colombiano: https://srvags.sgc.gov.co/JSViewer/Amenaza_Sismica/

Servicio Geológico Colombiano. (2023). *Catálogo de Sismicidad*. Obtenido de Servicio Geológico Colombiano: <http://bdrsnc.sgc.gov.co/paginas1/catalogo/index.php>

SSP. (2021). *Superintendencia de Servicios Públicos*. . Obtenido de Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos 2021:
<https://www.superservicios.gov.co/sites/default/files/inline-files/Informe-disposicion-final-de-residuos-solidos-2021.pdf>

Suministros del Sur. (2023). *Postes Plasticos del Sur*. Obtenido de Suministros del Sur:
<http://www.suministrodelsur.com.co/>

UNEP. (2019). *Plastic recycling: an underperforming sector ripe for a remake*. Obtenido de UNEP: <https://Www.Unep.Org/News-and-Stories/Story/Plastic-Recycling-Underperforming-Sector-Ripe-Remake>

Vargas-Tascón. (2016). *Comparación estructural, economica y ambiental de bloques de mortero con botellas plásticas (pet) y ladrillo tradicional macizo de barro*. Obtenido de Unimilitar: Comparación estructural, economica y ambiental de bloques de mortero con botellas plásticas (pet) y ladrillo tradicional macizo de barro.

ANEXO 01

Listado de Proveedores

Postes Plásticos del Sur

Dirección: Carrera 7ª No. 107 F – 65 Vía Neiva - Fortalecillas. Celular: (+57) 315 8523095. E-mail: maderaplastica58@yahoo.com. E-mail: info@suministrosdelsur.com.co

Empresa de más de 15 años fabricante de postes, cerramientos, enfocados en la fabricación de madera plástica para sus productos (Suministros del Sur, 2023).

Ilustración 17 Producto Postes Plásticos del Sur



Fuente: (Suministros del Sur, 2023)

Madera Plástica de Colombia

Calle 42 Sur No. 4 - 85 Z. Industrial - Neiva (H) Colombia. 3138166168 - 3213878773 /
info@mpc.com.co

Empresa que fabrica elementos plásticos para la construcción y la industria, utilizan plástico reciclado dentro de sus productos, fabrican y diseñan sus propios productos (MPC, 2023).

Ilustración 18 Proceso de fabricación madera plástica en MPC



Fuente: (MPC, 2023)

Fundación llena una botella de amor

Km. 36 Autopista Medellín - Bogotá. Rionegro - Antioquia.

+57 4 5633715 comercialeconciencia@gmail.com +57 3215438626

Conceptos Plásticos

Parque Industrial San Jorge, Mosquera · Cundinamarca Colombia

info@conceptosplasticos.co +57 601 829 5778

Empresa dedicada a la fabricación de bloques de construcción en plástico, ofrece diversos diseños de ladrillos plásticos, enfocados en el desarrollo sostenible (Conceptos Plásticos, 2023).

Ilustración 19 Bloque plástico para la construcción



Fuente: (Conceptos Plásticos, 2023).

Newconex

Carrera 8 # 8n-71 b/ prados del norte (Popayán-Cauca) ecohomecell@newconex.co (57)
318 349 1052

Esta empresa tiene una línea de negocio dedicada a la construcción con material plástico
100% reciclado y fibras naturales.

Ilustración 20 Sistema ecobloque Homencell



Fuentes: (Newconex, s.f.)

ANEXO 02

Encuestas

Encuesta para proveedores

1. ¿Cómo consiguen el plástico PET con el cual trabajan para la formación de sus productos?

2. ¿Les interesaría participar en proyectos sociales para la comunidad, en forma de prestar soporte o materiales para la construcción de viviendas a familias necesitadas?
3. ¿Nos podría compartir una lista de precios de sus productos?
4. ¿Basado en sus productos para la fabricación de viviendas, cuál es el costo y tiempos de fabricación de una vivienda?
5. ¿Nos pueden compartir casos de éxitos de proyectos terminados enfocados en construcciones ecológicas?
6. ¿Cuál es el proceso de fabricación que utilizan para sus productos?
7. ¿Conocen cuál es el consumo anual o mensual de PET?
8. ¿Como empresa cómo contribuyen a la económica circular del país?
9. ¿Cuáles son los desafíos o problemas han tenido tanto en la fabricación, como la recolección del material PET y los proyectos ejecutados?
10. ¿Cuáles son las ventajas que ofrecen sus productos?
11. ¿Cómo evalúan el aporte de la empresa nivel social y ambiental?

Encuesta para interesados y público

La encuesta se realiza por la plataforma Forms en el siguiente link:

<https://forms.gle/o1Aa39dTAPvQEAvK6>

1. ¿Le interesaría conocer sobre la construcción de viviendas a partir de bloques usando plástico?
2. ¿Qué aspectos considera importante dentro del concepto de vivienda hecha a partir de bloques con plástico?
3. ¿Estaría dispuesto a pagar por un costo de \$750.000 por la construcción de un metro cuadrado de una casa hecha con materiales eco amigables?
4. ¿Quisiera hacer parte de la construcción de casas ecosostenible como parte un proyecto social?