

**ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LADRILLOS
FABRICADOS A PARTIR DE PLÁSTICO RECICLADO COMO
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN**

DIANA CAROLINA CASTILLO MONCAYO

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2018**

**ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LADRILLOS
FABRICADOS A PARTIR DE PLÁSTICO RECICLADO COMO
MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN**

DIANA CAROLINA CASTILLO MONCAYO

Monografía

Director: Myriam Yaneth Chacón Chaquea

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ
2018**

Bogotá, fecha 17 de agosto de 2018

Señores comité de grados

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería Civil

Csr_design@hotmail.com

Cordial saludo

Por medio de la presente me permito notificares la entrega final y total del proyecto “ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LADRILLOS FABRICADOS A PARTIR DE PLÁSTICO RECICLADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN COLOMBIA” que corresponde al desarrollo del proyecto en su totalidad con su respectivo anteproyecto, con el fin de optar por el título de ingeniera civil.

Sin otro motivo en particular agradezco su atención

Firma directora de proyecto

Firma par académico

Myriam Yaneth Chacon Chaquea

Fabio Eduardo Diaz Lopez

Atentamente

Diana Carolina Castillo Moncayo

Código 2138889

Bogotá 17 de agosto de 2018

Señores

Comité de Grados

Facultad de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

Asunto: Remisión del Informe que corresponde los 4 capítulos y proyecto terminado del Proyecto de Grado de la estudiante DIANA CAROLINA CASTILLO MONCAYO

Apreciados señores:

En mi calidad de director del Proyecto de Grado titulado “ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LADRILLOS FABRICADOS A PARTIR DE PLÁSTICO RECICLADO EN LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES EN COLOMBIA” desarrollado por el estudiante de la referencia, con mucho gusto les remito el citado informe, previamente revisado, corregido, evaluado y aprobado por mí; se adjuntan los formatos de control de consultas y de calificación del comportamiento del Estudiante durante este periodo.

Atentamente,

Myriam Yaneth Chacón Chaquea

En mi calidad de Par de este Proyecto, debidamente designado por el Comité de Grados, manifiesto que he revisado, evaluado y aprobado este Informe de Avance de este Proyecto de Grado.

Atentamente,

Fabio Eduardo Diaz López

Nota de aceptación

Firma de comité de grados

Firma de jurados

17 de agosto de 2018

DEDICATORIA

Este proyecto de grado se lo dedico a Dios principalmente por haberme permitido terminar y culminar mi carrera profesional, por haberme dado salud, sabiduría y paciencia para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. Lo dedico también a mi hija Luciana González Castillo quien ha sido el motivo y el empuje para salir adelante, siempre me ha dado fortaleza y enseñanza de vida para seguir luchando juntas, a mi papá quien desde pequeña fue mi inspiración para estudiar ingeniería civil y tener la meta de ser excelente profesional al igual que él y a mi madre, mi hermana y sobrina quienes ha estado conmigo incondicionalmente ayudándome y apoyándome en todo momento.

PAGINA DE AGRADECIMIENTOS

Agradezco inmensamente el desarrollo y culminación de este proyecto a mis profesores que a lo largo de la carrera me enseñaron a ser buena profesional y persona, a mis directores de proyecto Myriam Chacón y Fabio Díaz quienes me guiaron en este camino y me llenaron de su sabiduría e inteligencia profesional, al director de la universidad y a la Decana de mi facultad Mónica Rueda, por darme la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa universidad y carrera profesional. Y por último a todas las personas que han sido parte de este proceso en especial a Cesar Naranjo quien me apoyó de muchas maneras en el desarrollo de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	13
2. INTRODUCCIÓN	14
3. OBJETIVOS.....	15
3.1. GENERAL.....	15
3.2. ESPECIFICOS.....	15
4. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE POLÍMERO EMPLEADO PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS BRICKARP.....	17
4.1. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE POLÍMERO EMPLEADO PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS BRICKARP POR MEDIO DE CONSULTAS CON FUENTES CONFIABLES Y DOCUMENTOS CIENTÍFICOS QUE RESPALDEN Y LO CONFIRMEN.	17
4.1.1. <i>Cuadro 1. Características de los Polímeros Termoplásticos más Comunes en la Industria.....</i>	18
4.1.2. <i>Descripción de los empaques plásticos de barrera multicapa de polipropileno (PP).....</i>	23
4.1.2. <i>Polietilenos de Baja y Alta densidad (LDPE, HDPE).....</i>	24
4.1.3. <i>Poliéster</i>	27
4.1.4.1. <i>Propiedades y Características del PET</i>	28
4.1.4.2. <i>Ventajas del PET</i>	30
4.1.4.3. <i>Tabla 1. Datos Técnicos del PET</i>	31
4.1.4.4. <i>Desventajas en el Uso del PET</i>	32
4.1.4.5. <i>Envase y Empaque</i>	33
4.1.4. <i>Aluminio</i>	34
4.1.4.1. <i>Peso del aluminio.....</i>	35
4.1.5. <i>Poliestireno</i>	35
4.1.6.1 <i>Estructura y síntesis.....</i>	36
4.1.6.2. <i>El Poliestireno en el sector de la construcción</i>	38

5. ASPECTOS RELACIONADOS EN LA UTILIZACIÓN DE LADRILLOS DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO LEGO O BRICKARP COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN Y ARMADO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES	39
5.1. BLOQUE UNIVERSAL.....	39
5.1.1. <i>Instalación, Limpieza y Mantenimiento</i>	39
5.1.2. <i>Dimensiones Técnicas</i>	40
5.1.2.1. Figura 5. Dimensiones Ladrillo de Plástico Reciclado (https://ecoinventos.com/casas-de-ladrillos-de-plastico/)	40
5.1.2.2. Tabla 2 Características Técnicas Ladrillo de Plástico Reciclado	41
5.1.2.3. Tabla 3. Dimensiones de Ladrillo de Plástico Reciclado.....	42
5.1.2.4. Figura 5. Modulaci3n	43
5.2. COLUMNA UNIVERSAL.....	44
5.2.1. <i>Limpieza y Mantenimiento</i>	44
5.2.1.1. Figura 6. Dimensiones Técnicas	44
5.2.1.2. Tabla 4. Características Técnicas	45
5.2.1.3. Tabla 5. Dimensiones de Pedido	46
5.2.1.5. Figura 8. Modulaci3n en Planta.....	47
5.3. FICHA TÉCNICA JAMBA 1	47
5.3.1. <i>Tabla 6. Características Técnicas</i>	47
5.4. FICHA TÉCNICA JAMBA 2	48
5.4.1. <i>Tabla 7. Características Técnicas</i>	48
5.4.2. <i>Tabla 8. Dimensiones de Pedido</i>	48
5.4.3. <i>Tabla 9. Dimensiones de Pedido</i>	49
5.5. FICHA TÉCNICA BLOQUE DUCTO	49
5.5.1. <i>Figura 9. Dimensiones Técnicas</i>	49
5.5.2. <i>Figura 10. Bloque Ducto</i>	50
5.5.3. <i>Tabla 10. Características Técnicas Bloque Ducto</i>	50
5.5.4. <i>Tabla 11. Dimensiones de Pedido</i>	51
5.6. FICHA TÉCNICA BLOQUE TOMA.....	51
5.6.1. <i>Dimensiones Técnicas</i>	51

5.6.1.1. Figura 11. Dimensiones Técnicas de Bloque Toma.....	51
5.6.1.2. Tabla 12. Características Técnicas.....	52
5.6.1.3. Tabla 13. Dimensiones de Pedidos	53
5.6.1.4. Cuadro 2. Comparación de Beneficios entre Materiales	53
5.7. ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTRUCTURALES	55
5.8. DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS CON PET	56
5.9. ESTUDIOS DE RESISTENCIA DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....	56
5.10. PROCESO DE ARMADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA BRICKARP	60
5.10.1. <i>Figura 12. Cimentación y Levantamiento de Muros</i>	61
5.10.2. <i>Figura 13. Instalación de Columnas y Levantamiento de Muros</i>	61
5.10.3. <i>Figura 14. Instalación de Vigas, Cubierta y Techo.....</i>	62
5.10.4. <i>Figura 15. Vista Interna de la Casa.....</i>	64
5.10.5. <i>Figura 16. Sistema de Acople con Platina Metálica y Pernos</i>	65
5.10.6. <i>Figura 17. Vigas de cubierta elaboradas en plástico de mayor dimensión para disminuir la deflexión</i>	66
5.10.7. <i>Figura 18. Con el uso de la columna universal se facilita la instalación de las redes eléctricas e hidráulicas.....</i>	67
5.11. ASPECTOS AMBIENTALES	68
5.12. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	70
5.13. IMPACTO AMBIENTAL	72
5.13.3. Cuadro 3. Cantidad de materiales reciclados en la ciudad de Cuenca	74
5.13.4. Cuadro 4. Plásticos Reciclables.....	75
5.13.5. Figura 19. Acumulación de Botellas de Plástico en Cauce	78
6. BENEFICIOS DEL USO DE PLÁSTICO RECICLADO PARA FABRICACIÓN DE LADRILLOS BRICKARP COMO MATERIAL CONSTRUCTIVO EN COLOMBIA	80

6.1. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL LADRILLO DE PLASTICO RECICLADO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	83
6.1.1. <i>Uso en Construcciones de Emergencia.</i>	86
6.2. DIMENSIÓN ECONÓMICO-SOCIAL DEL USO DEL PLÁSTICO RECICLADO EN LA CONSTRUCCIÓN CON LADRILLOS BRICKARP	88
6.2.1. <i>Costos en la Construcción</i>	88
6.2.1. <i>Ámbito Socio-Económico</i>	90
6.3. OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE	92
6.4. CONSIDERACIONES FINALES	94
7. IMPORTANCIA AMBIENTAL EN LA UTILIZACIÓN DE LADRILLOS DE PLÁSTICO RECICLADO COMO MATERIAL PARA LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE DE VIVIENDA UNIFAMILIAR EN COLOMBIA.....	95
7.1. LA CONSTRUCCIÓN COMO PROCESO DE DETERIORO DEL MEDIO AMBIENTE	96
7.2. LA PROBLEMÁTICA DEL PLÁSTICO COMO RESIDUO	99
7.3. RECICLAJE DE PLÁSTICO Y SU UTILIZACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LADRILLO DE CONSTRUCCIÓN.....	104
7.3.1. <i>Uso del Plástico en la Construcción de Viviendas. Bloques Blickarp ..</i>	106
7.3.2. <i>Proceso de fabricación Bloque Brickarp o tipo lego</i>	108
8. CONCLUSIONES	112
9. BIBLIOGRAFÍA	113

1. RESUMEN

El acceso a la vivienda y a un ambiente limpio es un derecho humano; sin embargo, se observa como éste, por una razón u otra, es vulnerado en muchas partes del mundo. Bajo esta premisa, se condujo una investigación de tipo documental, con el objetivo de analizar la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclable -sistema Brickarp- en la construcción de viviendas unifamiliares en Colombia. Los resultados indican que los plásticos que pueden ser utilizados para la fabricación de materiales de construcción, pertenecen al grupo de los termoplásticos, donde resalta el Tereftalato de Polietileno, el cual forma parte de un conjunto de materiales confeccionados y evaluados bajo parámetros técnicos, resistentes a la humedad, corrosión, putrefacción, excelente aislante térmico, acústico y eléctrico e ignífugo, de bajo peso y que no requiere mano de obra especializada para su ensamble, factibles de sustituir gran parte de los agregados pétreos en las construcciones. Visto de esta manera, el Sistema Brickarp coadyuva en la solución del déficit habitacional en Colombia, debido a sus características intrínsecas y su excelente relación costo-beneficio, contribuye a disminuir la contaminación y deterioro de los recursos naturales, debido a la extracción y desecho de materiales en la construcción tradicional, y al reciclado de un elemento contaminante, con una creciente acumulación y prolongada fase de degradación, como lo es el plástico.

Palabras Claves: ladrillo Brickarp, vivienda unifamiliar; plástico reciclable, construcción sustentable.

2. INTRODUCCIÓN

Esta monografía se orienta en el análisis de la implementación de una alternativa constructiva que proyecta beneficios, tanto ambientales como sociales y económicos, en la construcción de viviendas unifamiliares a partir de materias primas obtenidas de material plástico reutilizado y terminado como ladrillo BRICKARP. Este tipo de aplicaciones actualmente lo vienen desarrollando varias empresas como lo son; Conceptos Plásticos, Ficidet y Casas de Plástico, los cuales incursionaron en Colombia con esta propuesta y son punto de referencia en esta monografía para el abordaje de la temática aquí planteada.

La fabricación del ladrillo Brickarp se basa en un sistema de construcción alternativo, fundamentado en la utilización de plástico reciclado de difícil disposición final.¹ Destaca en el sistema de construcción con este material su armado tipo Lego², lo que permite la confección de viviendas en pocos días; además, de no ser necesaria experiencia previa para su instalación. Resaltan además algunas cualidades del plástico como elemento a ser incluido para la construcción, tales como resistencia a la humedad,³ durable, inmune a insectos, roedores y microorganismos, no requiere mantenimiento, de fácil instalación, no amerita mano de obra calificada y sobre todo competitiva económicamente.

¹ Conceptos Plásticos (2012).

² Método donde los ladrillos son pegados unos a otros, sin el requerimiento de materiales adicionales; sólo hace falta ubicarlos en la posición final y unirlos con un golpe de presión.

³ Medida como el porcentaje de absorción de agua (norma NTC 2017) (Di Marco y León, 2017).

3. OBJETIVOS

3.1. GENERAL

- Analizar la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado tipo lego o sistema Brickarp en la construcción de viviendas unifamiliares en Colombia, basándose en consultas bibliográficas confiables y comparaciones con sistemas constructivos convencionales.

3.2. ESPECIFICOS

- Identificar el tipo de plástico que puede ser reutilizado, reconociendo los códigos de resinas internacionales marcado en la mayoría de los productos plásticos que ayudan en la recuperación de dicho material, y con ello, se logra la revisión teórica en torno a las características del polímero como son propiedades físicas, mecánicas y químicas por medio de consultas con fuentes confiables y documentos científicos que respalden y lo confirmen.
- Estudiar los aspectos técnicos, ambientales y socioeconómicos que se relacionan con la construcción de viviendas unifamiliares, a partir de la utilización de plástico reciclado para la fabricación de ladrillos estilo blickarp o tipo lego. Se presenta la información obtenida directamente de la empresa Conceptos Plástico; así como el resumen de varios estudios realizados en los últimos años, que tienen relación con el presente.

- Analizar los aspectos relacionados con los estudios técnicos ambientales y socioeconómicos, para definir los beneficios que trae la implementación del método de ladrillo Brickarp o tipo lego.
- Identificar los beneficios del uso de plástico reciclado para la fabricación de ladrillos brickarp o tipo lego como material constructivo en Colombia.
- Desarrollar un análisis crítico y argumentativo de la información compilada para establecer la importancia de la implementación de ladrillos fabricados a partir de plástico reciclado tipo lego o sistema Brickarp en la construcción de viviendas unifamiliares en Colombia, en comparaciones con sistemas constructivos convencionales.

4. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE POLÍMERO EMPLEADO PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS BRICKARP.

4.1. IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE POLÍMERO EMPLEADO PARA LA FABRICACIÓN DE LADRILLOS BRICKARP POR MEDIO DE CONSULTAS CON FUENTES CONFIABLES Y DOCUMENTOS CIENTÍFICOS QUE RESPALDEN Y LO CONFIRMEN.

El material plástico que puede ser reutilizado en la fabricación de ladrillos Brickarp son los comúnmente identificados como residuos comerciales, empresariales y domiciliarios termoplásticos, con el reconocimiento de los códigos de resinas internacionales⁴ marcados en estos productos; mismos que ayudan a identificar las características del polímero, como se presenta en el Cuadro 1. En este sentido, los ladrillos de plástico reciclado contienen poliolefinas⁵, que son termoplásticos de elevada rigidez, cristalinidad, alto punto de fusión y excelente resistencia química. Estas características hacen que dichos ladrillos puedan ser livianos, modulares y se acoplen con facilidad; además de, como se había comentado, no requiere de mano de obra especializada.⁶

⁴ Estos símbolos desarrollados en 1988 por la Sociedad de la Industria de Plásticos, identifican el contenido de resina del recipiente en el que se han colocado los símbolos. Sólo los termoplásticos llevan este código.

⁵ Compuestos de propileno y copolímeros elásticos, provenientes de hidrocarburos simples, donde se integran átomos de carbono e hidrógeno y dobles enlaces C=C.

⁶ Fundación para la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico – FICIDET.

4.1.1. Cuadro 1. Características de los Polímeros Termoplásticos más Comunes en la Industria

Nombre/Número	Generalidades	Propiedades	Aplicaciones
Polietileno Tereftalato (PET) 	Es claro, lavable y no absorbe la humedad. La inmensa mayoría de este plástico termina en las botellas de bebida, formadas por inyección soplado. Un volumen pequeño se usa ahora para la fabricación.	Claridad, fuerza/dureza, resistencia a la grasa y al calor.	Botellas plásticas para bebidas, envases muy transparentes, delgados, verdes o cristal, recipientes de aderezos, medicinas, agro-químicos, etc.
Polietileno de alta densidad (PE-HD) 	Este polímero tiene mejores propiedades mecánicas que el PE-BD, ya que posee mayor densidad. Presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico.	Es resistente a las bajas temperaturas, tiene alta resistencia a la tensión, compresión y tracción. Es Impermeable e Inerte (al contenido), baja reactividad. No tóxico.	Envases para: detergentes, aceites automotor, champú, lácteos; Bolsas para supermercados; Envases para pintura, helados, aceites; tuberías para gas, telefonía, agua potable, minería, láminas de drenaje y uso sanitario.

Cloruro de  Polivinilo (PVC)	Además de sus buenas propiedades físicas, el PVC tiene una transparencia excelente, alta resistencia química, resistencia a la humedad, y buenas propiedades eléctricas. Las aplicaciones rígidas, se concentran en tuberías, alfombras, ventanas, botellas el empaque rígido de líquidos.	Versatilidad, facilidad de mezclar, fuerza y dureza. Resistencia a grasa y aceites, resistencia a los químicos, claridad, bajo costo.	Empaque de comida, botellas de champú, envases transparentes, semidelgados. Se usa en aislamiento de cables, capas, bolsas de sangre, tubería médica y muchas más aplicaciones.
Polietileno de Baja  Densidad (LDPE)	Es utilizado en películas flexibles y relativamente transparentes. Tiene un bajo punto de fusión. Típicamente el LHPE es usado en la manufactura de películas flexibles, tales como bolsas plásticas y publicitarias, también es usado en la manufactura de tapas flexibles, y además en alambres y cables por sus buenas propiedades de aislamiento eléctrico.	Fácil de procesar, resistente a la humedad, flexible, fácil de sellar y bajo costo.	Bolsas para pan, para alimentos congelados y para dulces, entre otros tipos de bolsas y tapas, también se usa para tubería y otros.

Cuadro 1. (cont.)

Nombre/Número	Generalidades	Propiedades	Aplicaciones
Polipropileno (PP) 	Es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino. Utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tiene gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.	Tiene menos densidad que el PE-BD. Su temperatura de reblandecimiento es más alta, y es más resistente a altas y a bajas temperaturas.	Moldeo por inyección: juguetes, parachoques de automóviles, etc. Moldeo por soplado: recipientes huecos (botellas) Producción de fibras, tanto tejidas (tapetes) como no tejidas. Extrusión: de perfiles, láminas y tubos.
Poliestireno (PS) 	El PS es un plástico muy versátil que puede ser rígido o formado. Generalmente es claro, duro y quebradizo. Es muy poco resistente	Versatilidad, fácil procesamiento, claridad, aislamiento y bajo costo.	Protección en: empaquetamientos, contenedores, tapas, botellas, bandejas y vasos.

	al vapor de agua, oxígeno y tiene relativamente bajo punto de fusión. Hay dos versiones el expansible o espumado (unicel) y el de cristal.		Cajas de videocasetes, de compact disc, vasos rígidos, contenedores de comidas rápidas.
Otras resinas como ABS, PC, etc. 	El uso de este código indica que el empaque en cuestión está hecho de una resina diferente a las seis listadas o de más de una de dichas resinas y que es usado en una combinación de varias capas.	Depende de la resina o combinación de resinas.	Botellas de agua reutilizables, algunas botellas de jugos y salsa de tomate.

Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito (2008).

Los materiales utilizados se describen a continuación de acuerdo a su tipo y sus características⁷:

1. Empaques multicapa: se reutilizan y aportan valor agregado a empaques de barrera multicapa de Polipropileno (PP), Polietilenos de alta y baja densidad (LDPE, HDPE), Poliéster (PET) y Aluminio.
2. Residuos electrónicos: se reutilizan todos los elementos plásticos residuales de las empresas dedicadas al desmantelamiento de residuos electrónicos, Polipropileno (PP), Polietilenos de alta y baja densidad (LDPE, HDPE), Poliestirenos (PS, HIPS), ABS, PC entre otros.
3. Neumáticos fuera de uso: Se involucra en las formulaciones, materiales resultantes del tratamiento y recuperación de llantas usadas en diferentes granulometrías.

⁷ Conceptosplasticos.com

4.1.2. Descripción de los empaques plásticos de barrera multicapa de polipropileno (PP)

En términos generales, los empaques de barrera se dividen en estáticos y activos⁸. En los estáticos el material ofrece la barrera al paso de sustancias, la cual no cambia con el transcurrir del tiempo. Mientras que en los activos, además del material de barrera incorporado en la estructura del empaque, existe un aditivo con actividad química que secuestra la sustancia cuyo paso se desea detener; los más conocidos son los secuestradores de oxígeno, que permiten extender la protección contra el paso de este gas, de manera más eficiente y por un tiempo más largo; extendiendo la vida útil de los alimentos.

En los empaques de barrera es fundamental tener una medida de la velocidad de transferencia –llamada por algunos autores, como velocidad de transmisión⁹- de las sustancias a través de la pared de los mismos. En el sistema de unidades centímetro-gramo-segundo, dicha velocidad en un gas no húmedo se mide como la cantidad (cc) que pasa perpendicularmente, a través de una pared con un área de un m² y un espesor de 1,0 mm; esto en el transcurso de 24 horas, manteniendo una presión de 1,0 atmósfera constante en un lado de la pared y 0,0 atmósfera en el otro, a una temperatura permanente (24°C o 37,8°C). En el caso de la transferencia de vapor de agua, la cantidad se mide en gramos y el lado de alta concentración se mantiene con una humedad relativa de 90%.

⁸ Serrano (2005)

⁹ Hernández, Rodríguez y Cordero (2014).

Los empaques de barrera tienen muchas aplicaciones relacionadas a ciertas tendencias culturales dependiendo del consumo y la necesidad de la población; por ejemplo en el consumo de alimentos precocidos, uso de productos de alto desempeño, productos de rápido y saludable consumo están apareciendo nuevos materiales de barrera para la fabricación de empaques plásticos, lo que amplía su uso.¹⁰

4.1.2. Polietilenos de Baja y Alta densidad (LDPE, HDPE)

El polietileno, es el termoplástico más usado actualmente; se trata de un plástico barato que puede moldearse a casi cualquier forma, extruirse para hacer fibras o soplarse para formar películas delgadas. Pertenece al grupo de polímeros denominados poliolefinas. Los productos hechos de polietileno van desde materiales de construcción y aislantes eléctricos hasta empaques. Este polímero se clasifica según su densidad, contenido de monómeros¹¹, peso molecular distribución del peso molecular, índice de fluidez y modificación. No obstante, el criterio de clasificación más empleado es la densidad: (a) baja densidad –baja; lineal de baja densidad; y muy baja densidad y (b) alta densidad –alta; alta densidad y muy alto peso molecular; alta densidad y ultra alto peso molecular.

El material de baja densidad se corresponde con un homopolímero¹² muy ramificado, que tiene por unidad monomérica el etileno; éste se obtiene a partir del etileno gaseoso muy puro, se polimeriza en presencia de un iniciador (peróxido de benzoilo, azodi-isobutironitrilo u oxígeno), a presiones de 1,000 a 3,000 atm y temperaturas de 100 a 300°C; su uso más generalizado es en el sector del envase

¹⁰ Serrano, (2009).

¹¹ Compuestos de bajo peso molecular que pueden unirse a otras moléculas pequeñas, para formar macromoléculas de cadenas largas comúnmente conocidas como polímeros (QuimiNet.com)

¹² Se denomina de esta manera un polímero formado por medio de uniones entre sí de un solo tipo de molécula pequeña o monómero

y empaque: bolsas, botellas compresibles para pulverizar fármacos, envase industrial, laminaciones, película para forro, película encogible y estirable, aislante para cables y conductores, tubería de conducción –conduit-, película para invernadero, tubería de riego y sistemas de irrigación. Por su parte el polietileno lineal de baja densidad es un copolímero¹³ que tiene moléculas con pocas ramificaciones y éstas son muy cortas -prácticamente no tiene ramificaciones-. Se usa en productos como: bolsas para pañal, costales para productos a granel, costales de uso pesado, bolsa de basura, películas estirables, geomembranas y película para envase y empaque en general.

Los polímeros de muy baja densidad, pertenecientes a la familia de los copolímeros lineales de etileno, ofrecen buena flexibilidad comparada con otros materiales como el EVA (etilén-acetato de vinilo), PVC; con la ventaja de resistencia mecánica y química. Ellos se producen por copolimerización de etileno con otras alfa-olefinas, tales como buteno, hexeno, octeno y propileno, por el proceso fase gas o en solución. En la práctica se utilizan como película estirable, película encogible, empaque de productos médicos, adhesivo en coextrusiones, modificadores de impacto.

En tanto, el polietileno de alta densidad se corresponde con un homopolímero con estructura lineal con pocas ramificaciones y muy cortas. Para su obtención se utilizan procesos de baja presión, siendo los catalizadores utilizados los de Ziegler-Natta -compuestos organometálicos de aluminio y titanio-. La reacción se lleva a cabo en condiciones de 1 a 100 kg/cm² de presión y temperatura de 25 a 100°C; la polimerización puede ser en suspensión o fase gaseosa. Dentro de sus productos se incluyen: bolsas para mercancía, bolsas para basura, botellas para leche y

¹³ Resulta en un polímero contentivo de dos tipos diferentes de monómeros, unidos a la misma cadena polimérica.

yogurt, cajas para transporte de botellas, envases para productos químicos, envases para jardinería, detergentes y limpiadores, frascos para cosméticos y capilares, recubrimientos de sobres para correo, sacos para comestibles, aislante de cable y alambre, contenedores de gasolina, entre otros.

Los polímeros de alta densidad de alto peso molecular (HMW-HDPE) se diferencia de los de alta densidad convencional por su peso molecular, el cual se encuentra entre 20,000 y 500,000 g/g-mol. La fabricación de este plástico puede ser por el método de Ziegler, Phillips o fase gas. El mayor porcentaje de este compuesto es destinado a la fabricación de película, debido a sus propiedades mecánicas y químicas. También es usado en bolsas, empaque de alimentos y recubrimiento de latas, tubería a presión, tubería para la distribución de gas, servicios domésticos de agua y líneas de alcantarillado.

El polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) corresponde a un polímero de entre tres y seis millones de gramos por cada gramo-mol; es decir, aproximadamente 10 veces más que un polietileno de alta densidad y alto peso molecular convencional. Debido a sus propiedades singulares, las aplicaciones de este polímero son diferentes a las de otros tipos; van encaminadas principalmente a partes y refacciones de maquinaria, como: soleras de fricción, cintas guía, canales, cintas de desgaste, placas deslizantes, tolvas y rodamientos, todillos o camisas de desgaste para minería, recubrimientos para bandas transportadoras, ruedas y bujes, para manejo de productos químicos: en bombas, filtros, partes para válvulas, juntas y empaques.¹⁴

¹⁴ Quiminet.com El polietileno de baja y alta densidad.

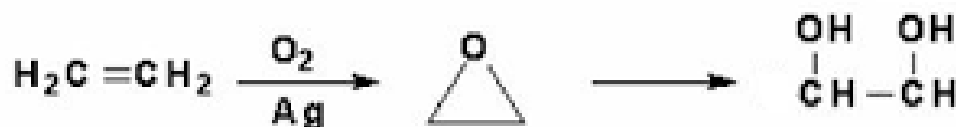
4.1.3. *Poliester*

El Poliester es un material aromático¹⁵. Su denominación técnica es polietilén tereftalato o politereftalato de etileno (PET) y forma parte del grupo de los termoplásticos, razón por la cual es posible reciclarlo. Para la producción del PET se usa el xileno -derivado dimetilado del benceno-, el cual juega un importante papel en la reacción de polimerización, produciendo una larga familia de poliésteres. La reacción comienza con la isomerización -variaciones de la molécula de un compuesto- del xileno; siendo el primer paso recuperar el paraxileno, utilizado para la producción de polímeros. Los tres isómeros del xileno, orto, meta y paraxileno, se separan a través de los puntos de ebullición.

El paraxileno recuperado del petróleo crudo, y producido a través de la conversión de reacciones, es solo uno de los materiales para la síntesis del PET. El otro compuesto necesario es el etileno, el cual es recuperado de la refinación del petróleo crudo. El etileno es tratado con oxígeno en presencia de plata como catalizador para producir óxido de etileno, el cual, reacciona con el agua en presencia de un ácido para producir etilenglicol, uno de los monómeros necesarios para la producción de PET. La reacción es la siguiente:

¹⁵ Posee un núcleo o anillo del benceno cuya reacción característica es una sustitución, en la cual el hidrógeno es reemplazado por otro sustituto; por ello, puede utilizarse para la síntesis química de plásticos.

Figura 1. Obtención de Etilenglicol (Tecnología de los Plásticos, 2011a)



El p-xileno es oxidado para producir el ácido tereftálico (TA) que es posteriormente esterificado¹⁶ a tereftalato de dimetilo (DMT). Esto puede lograrse mediante una secuencia de dos pasos en donde la oxidación es llevada a cabo por un catalizador de cobalto en presencia de metanol.

4.1.4.1. *Propiedades y Características del PET*

De acuerdo a su orientación el PET presenta propiedades de transparencia y resistencia química. Además, existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y grado de cristalinidad.¹⁷ Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra; los de peso molecular medio, grado película; y los de mayor peso molecular, grado ingeniería. Este polímero no se estira y no es afectado por ácidos ni gases atmosféricos, es resistente al calor y absorbe poca cantidad de agua, forma fibras fuertes y flexibles, también películas. Su punto de fusión es alto, lo que facilita su planchado, es resistente al ataque de polillas, bacterias y hongos.

¹⁶ La esterificación es el proceso por el cual se sintetiza un éster, que es un compuesto derivado de la reacción química entre un oxácido y un alcohol.

¹⁷ El grado de cristalización o cristalinidad hace referencia al grado de orden estructural en un sólido. Este tiene una gran influencia en la dureza, la densidad, la transparencia y la difusión (https://es.wikipedia.org/wiki/Grado_de_cristalizaci%C3%B3n)

En particular, el PET presenta las siguientes propiedades:

1. Procesable por soplado, Inyección y extrusión.
2. Apto para producir botellas, películas, láminas, planchas y piezas.
3. Transparencia (aunque admite cargas de colorantes) y brillo con efecto lupa.
4. Alta resistencia al desgaste.
5. Muy buen coeficiente de deslizamiento.
6. Buena resistencia química y térmica.
7. Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
8. Compatible con otros materiales barrera que mejoran en su conjunto la calidad barrera de los envases y, por lo tanto, permiten su uso en mercados específicos.
9. Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.¹⁸
10. Aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios.
11. Excelentes propiedades mecánicas.-tracción, fluencia a tracción y compresión.
12. Cristalizable.
13. Esterilizable por rayos gamma y óxido de etileno.
14. Buena relación costo/ desempeño.
15. Se encuentra catalogado como número uno en reciclado.
16. Liviano.

El PET en general se caracteriza por su elevada pureza, alta resistencia y tenacidad; además de: (a) biorientación, que permite lograr propiedades mecánicas y de barrera con optimización de espesores; (b) cristalización, que facilita el incremento del peso molecular y la densidad; (c) resistencia a esterilización química con óxido de etileno y radiación gamma; (d) presencia de buena resistencia en general a grasas y aceites presentes en alimentos, soluciones diluidas de ácidos minerales, álcalis, sales, jabones, hidrocarburos alifáticos y alcoholes. Pero por otro

¹⁸ Término utilizado en ingeniería de polímeros para designar cuantas veces o qué tanto se ha procesado un polímero (<http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/578546>)

lado, posee poca resistencia a solventes halogenados, aromáticos y cetonas de bajo peso molecular.

4.1.4.2. Ventajas del PET

- Propiedades únicas

Claridad, brillo, transparencia, barrera a gases y aromas, impacto, termoformabilidad, fácil de imprimir con tintas, permite cocción en microondas.

- Costo/Desempeño

El precio del PET ha sufrido menos fluctuaciones que el de otros polímeros como PVC-PP-LDPE-GPPS en los últimos 5 años.

Disponibilidad

Hoy se produce PET en Sur y Norteamérica, Europa, Asia y Sudáfrica.

- Reciclado

El PET puede ser reciclado dando lugar al material conocido como RPET; lamentablemente el RPET no puede emplearse para producir envases para la industria alimenticia, debido a que las temperaturas implicadas en el proceso de reciclaje no son lo suficientemente altas como para asegurar la esterilización del producto. A tal fin han surgido procesos especiales para el reciclaje del PET (procesos de súper limpieza) que permiten su uso en contacto con alimentos.

Los datos técnicos de del PET se presentan en la Tabla 1:

4.1.4.3. Tabla 1. Datos Técnicos del PET

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	g/cm ³	1,34 - 1,39
Resistencia a la tensión	MPa	59 – 72
Resistencia a la compresión	MPa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0,01 – 0,04
Dureza	--	Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 ⁻⁴ /°C	15,2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)	--	3,65
Absorción de agua (24 h)	%	0,02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	--	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	--	Excelente
Calidad óptica	--	Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 – 254

Fuente: Industria del Plástico. Plástico Industrial. Richardson & Lokensgard.

4.1.4.4. Desventajas en el Uso del PET

- Secado

Todo poliéster tiene que ser secado a fin de evitar pérdida de propiedades. La humedad del polímero al ingresar al proceso debe ser de máximo 0.005%. Para ello se utiliza el secado por circulación de aire caliente previamente secado en deshumificadores, antes de ser procesado en inyectoras o extrusoras; lo que le confiere un costo extra. También se puede secar por radiación infrarroja, pero presupone un costo aún mayor.

- Costo de equipamiento

Los equipos de inyección por soplado con biorientación suponen una buena amortización, en función de una gran producción. En extrusión por soplado se pueden utilizar equipos convencionales de PVC, teniendo más versatilidad en la producción de diferentes tamaños y formas.

- Temperatura

Los poliésteres no mantienen buenas propiedades cuando se les somete a temperaturas superiores a los 70 grados. Se han logrado mejoras modificando los equipos para permitir llenado en caliente. Excepción: el PET cristalizado (opaco) tiene buena resistencia a temperaturas de hasta 230 °C.

- Intemperie

No se aconseja el uso permanente en intemperie.

4.1.4.5. *Envase y Empaque*

Por su impermeabilidad a los gases, el PET abarca casi el 100% del mercado de botellas retornables y no retornables para bebidas carbonatadas. Las firmas de maquinaria han contribuido en gran medida a impulsar la evolución de manera rápida de los envases, por lo que hoy se encuentran disponibles envases para llenado a temperaturas normales y para llenado en caliente; también se desarrollan envases muy pequeños desde 10 mililitros, hasta garrafrones de 19 litros. Los tarros de boca ancha son utilizados en el envasado de conservas alimenticias. Múltiples usos han sido dados al PET, debido a su durabilidad, estabilidad dimensional e insensibilidad a la humedad excelentes; sobresale su destino en la fabricación de envases de bebidas carbonatadas y de empaques de alimentos, pues no deteriora ni causa efectos de toxicidad a estos productos.

La participación del PET dentro del mercado es en: ¹⁹

- Bebidas Carbonatadas
- Agua Purificada
- Aceite
- Conservas
- Cosméticos
- Detergentes y Productos Químicos
- Productos Farmacéuticos

¹⁹ Tecnología de los Plásticos (2011b)

4.1.4. Aluminio

Las propiedades físicas del aluminio lo convierten en un óptimo material para la construcción. Es ligero, resistente a la corrosión, fuerte, durable y requiere un mantenimiento mínimo. Sus características y propiedades han conducido a cambios revolucionarios e innovadores en técnicas de construcción y en proyectos de arquitectura e ingeniería, por lo que es un material importante en el futuro de la industria de la construcción. Su bajo peso y alta resistencia son sus principales ventajas en la industria de la construcción; al respecto, el aluminio tiene una densidad de 2,7, lo que significa que es un tercio de la densidad del acero. La resistencia del aluminio se puede ajustar para adaptarse a cualquier uso y aplicación mediante la aleación adecuada.²⁰

La resistencia a la corrosión del aluminio, hace que su vida útil, en una construcción sea más larga, incluso en ambientes agresivos. El aluminio se comporta bien aún en ambientes contaminados; por ejemplo, el monóxido de carbono y dióxido de carbono tienen muy poco efecto sobre este material. Este metal es también excelente para usar en zonas costeras y marinas, porque el efecto del cloruro sobre este material es mínimo.

²⁰ El Día (2015)

4.1.4.1. Peso del aluminio

Su poco peso hace que sea muy fácil de transportar e instalar en obra, ya que su manipulación resulta muy liviana; todo esto contribuye a reducir los costos en la construcción. Otras características de gran utilidad en el aluminio son su resistencia al fuego, bajo mantenimiento, gran belleza, elección de colores y formas entre otras.²¹

4.1.5. Poliestireno

El poliestireno es un plástico económico y resistente y probablemente sólo el polietileno sea más común en la vida diaria. Por ejemplo, forma parte de las maquetas de autos y aviones; pero también se presenta en forma de espuma para envoltorio y como aislante. Fue obtenido por primera vez en Alemania por la I.G. Faberindustrie, en el año 1930. Es un sólido vítreo por debajo de 100 °C; por encima de esta temperatura es procesable y puede dársele múltiples formas.

El código de identificación del poliestireno se presenta en la Figura 2; el número 6 y las siglas PS indican que se trata de poliestireno. El triángulo con flechas indica que es un plástico reciclable (en ningún caso significa que el objeto esté hecho con plástico reciclado).

²¹ Arquitectura (2018)

Figura 2 Código de Identificación (Fuente: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garabito, 2008)



PS

4.1.6.1 Estructura y síntesis

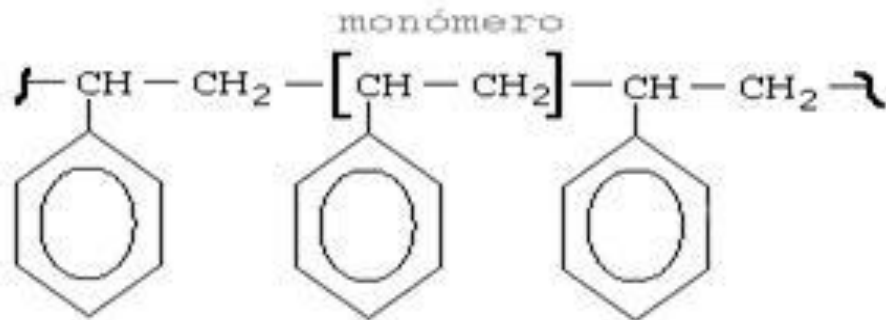
A escala industrial, el poliestireno se prepara calentando el etilbenceno en presencia de un catalizador para dar lugar al estireno. La polimerización del estireno requiere la presencia de una pequeña cantidad de un iniciador;²² entre los que se encuentran los peróxidos, que operan rompiéndose para generar un radical libre. Este se une a una molécula de monómero, formando así otro radical libre más grande, que a su vez se une a otra molécula de monómero y así sucesivamente. Este proceso en cadena finalizará por combinación de dos radicales, sean ambos radicales polímeros o bien radical polímero y otro radical del iniciador, o por abstracción de un átomo de hidrógeno de otra molécula. El uso de este material se presenta en el Cuadro 2.

²² Sustancia estable en condiciones ambientales o refrigeradas, que poseen una cierta velocidad de generación de radicales libres; que después inducirán la polimerización (<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6686/09Txrj9de14.pdf?sequence=9>)

Figura 3. Generación del Poliestireno a Partir del Estireno (Tecnología de los Plásticos, 2011a)



Figura 4. Unión de Monómeros (Tecnología de los Plásticos, 2011a)



Cuadro 2. Usos del Poliestireno y Método de moldeo.

Método de Fabricación	Usos
Moldeo por Inyección	Juguetes, carcasas de radio y televisión, partes de automóvil, instrumental médico, menaje doméstico, tapones de botella, contenedores.
Moldeo por Soplado	Botellas, contenedores, partes del automóvil.
Extrusión	Películas protectoras, perfiles en general, reflectores de luz, cubiertas de construcción.
Extrusión y termoconformado	Interiores de frigoríficos, equipajes, embalajes alimentarios, servicios desechables, grandes estructuras del automóvil.

Fuente: Tecnología de los Plásticos (2011a)

4.1.6.2. El Poliestireno en el sector de la construcción

Tanto en la edificación como en las obras de ingeniería civil, se encuentran numerosas aplicaciones del EPS debido a su elevada capacidad de aislamiento térmico, su ligereza, sus propiedades de resistencia mecánica, su adecuado comportamiento frente al agua y resistencia a la difusión del vapor de agua. Además, la del EPS en la construcción aporta beneficios medioambientales principalmente derivados de su función de aislante térmico, ya que ahorra energía.

5. ASPECTOS RELACIONADOS EN LA UTILIZACIÓN DE LADRILLOS DE PLÁSTICO RECICLADO TIPO LEGO O BRICKARP COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN Y ARMADO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES

5.1. BLOQUE UNIVERSAL

5.1.1. Instalación, Limpieza y Mantenimiento

Consiste en un sistema macho y hembra -diseño especializado del bloque; siendo los elementos de confinamiento las columnas multidireccionales . Se deben realizar unos golpes en la parte superior del bloque, para que se acoplen de forma adecuada a los demás bloques y elementos constructivos.²³

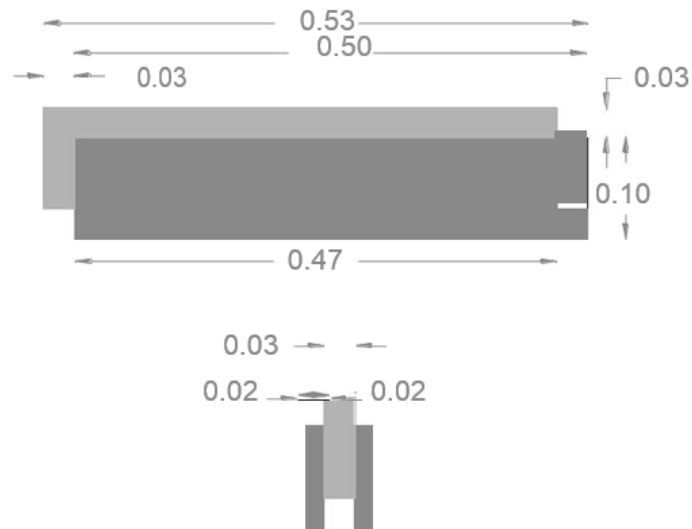
El bloque es altamente resistente a productos químicos varios. La limpieza se puede realizar con agua y detergente o limpiador específico en disolución.

²³ Guerra, 2017

5.1.2. Dimensiones Técnicas

5.1.2.1. Figura 5. Dimensiones Ladrillo de Plástico Reciclado

(<https://ecoinventos.com/casas-de-ladrillos-de-plastico/>)



5.1.2.2. *Tabla 2 Características Técnicas Ladrillo de Plástico Reciclado*

Durabilidad	Elevada
Resistencia a tracción	1892,3 kg/cm ²
Resistencia a compresión	2039,5 kg/cm ²
Temperatura máx. de trabajo	50 – 75°C
Temperatura mín. de trabajo	-20°C
Módulo elástico	1300 Mpa
Densidad	0,98 g/cm ⁻³
Flamabilidad	Ninguna
Resistencia a agentes químicos	Excelente
Reciclaje	Si

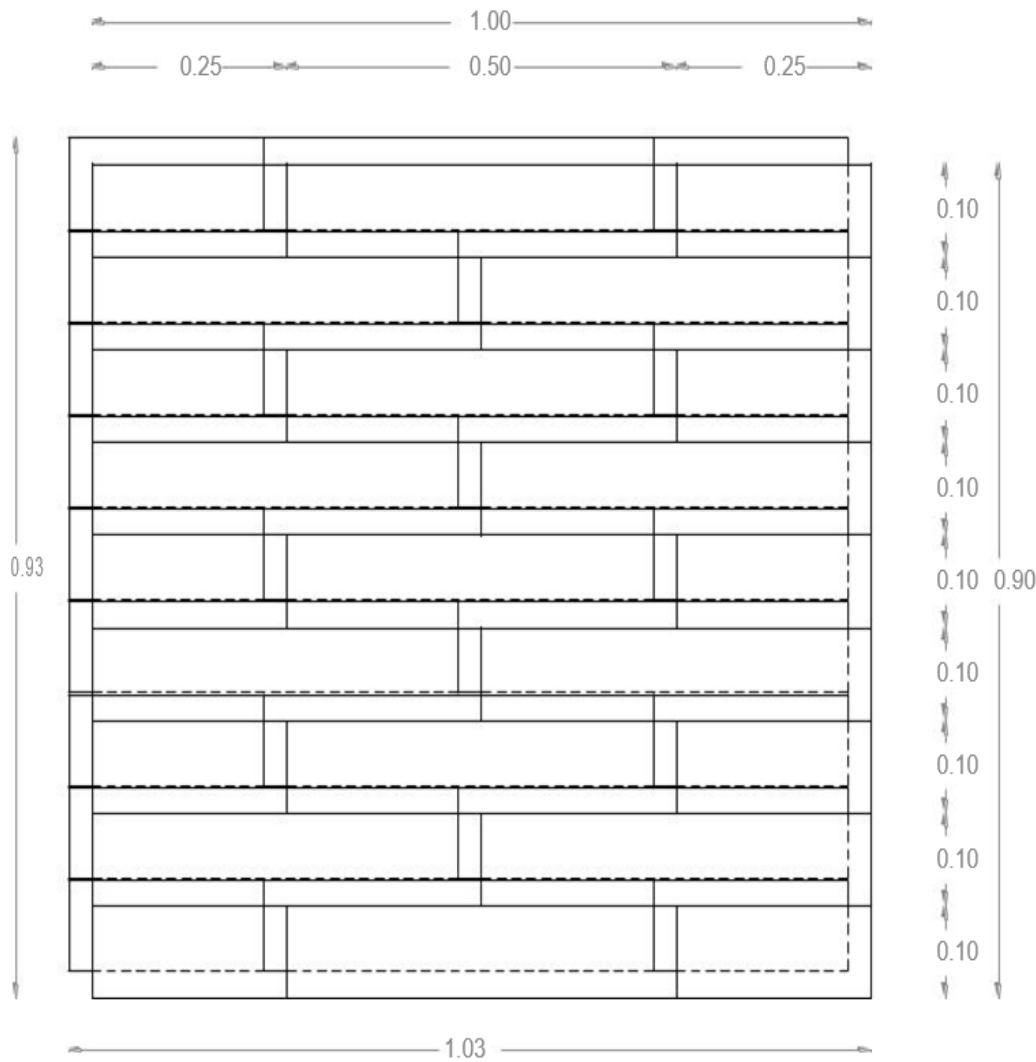
(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.1.2.3. Tabla 3. Dimensiones de Ladrillo de Plástico Reciclado

Bloque	Longitud		Ancho (m)	Peso (kg)
	Real (m)	Útil (m)		
Completo	0,53	0,5	0,07	2,513
Medio	0,28	0,5	0,07	1,678
Bloque Ducto	0,53	0,5	0,07	2,569
Bloque Toma	0,53	0,5	0,07	2,513

(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.1.2.4. Figura 5. Modulaci3n



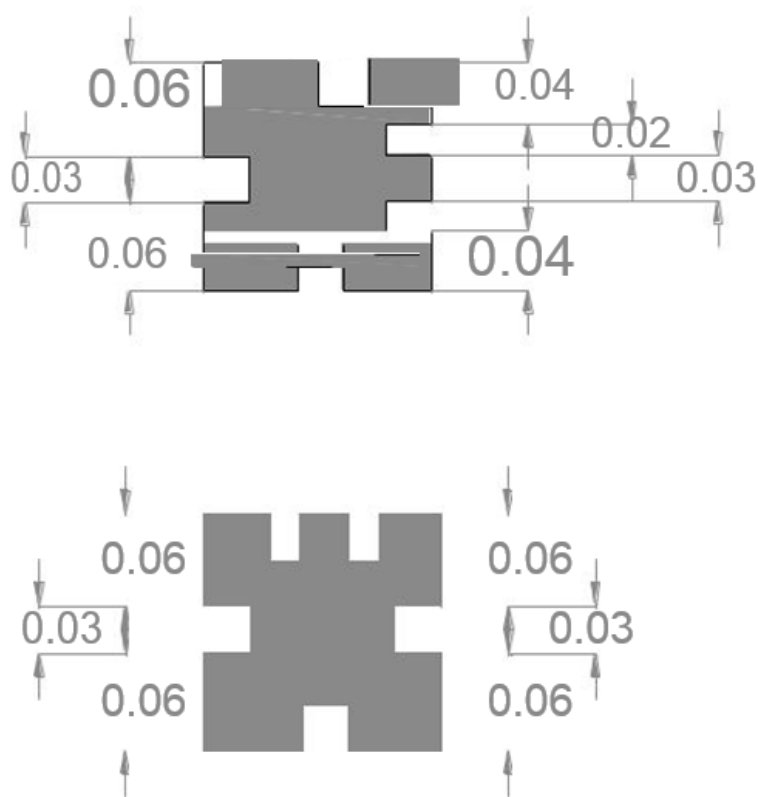
(Fuente: ficha t3cnica dada por la empresa conceptos pl3sticos)

5.2. COLUMNA UNIVERSAL

5.2.1. Limpieza y Mantenimiento

La columna multimodal es altamente resistente a productos químicos varios. La limpieza se puede realizar con agua y detergente o limpiador específico en disolución.

5.2.1.1. Figura 6. Dimensiones Técnicas





(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.2.1.2. Tabla 4. Características Técnicas

Durabilidad	Elevada
Resistencia a tracción	1892,3 kg/cm ²
Resistencia a compresión	2039,5 kg/cm ²
Temperatura máx. trabajo	50 – 75°C
Temperatura mín. trabajo	-20°C
Módulo elástico	1300 kg/cm ²
Densidad	0,98 g/cm ⁻³
Flamabilidad	Ninguna
Resistencia agentes químicos	Excelente
Reciclaje	Si

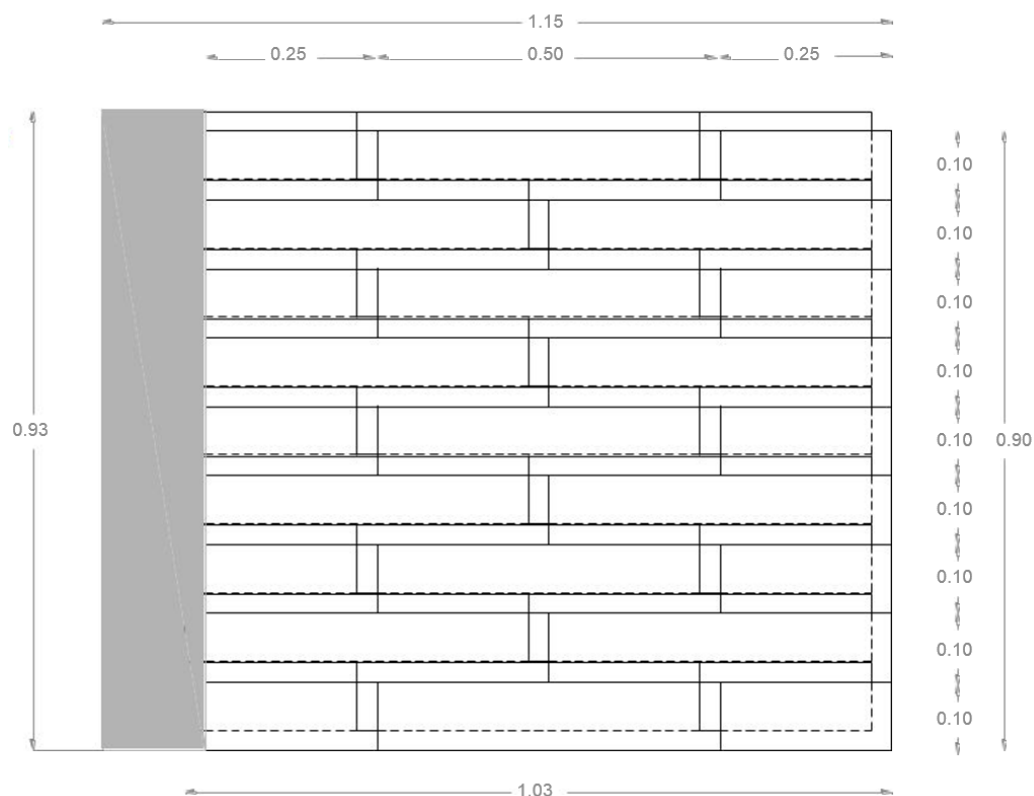
(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.2.1.3. Tabla 5. Dimensiones de Pedido

Bloque	Longitud		Ancho (m)	Peso (kg)
	Real (m)	Útil (m)		
Modulación clima cálido	3,3	3,3	0,15	55,613
Modulación clima frío	2,2	2,2	0,15	37,075
Modulado	1,1	1,1	0,15	18,537

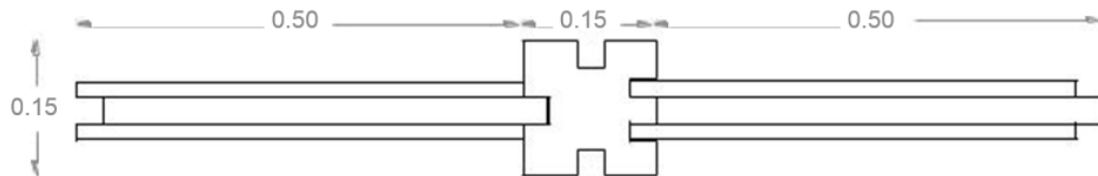
(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.2.1.4. Figura 7. Modulación en Alzado.



(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.2.1.5. *Figura 8. Modulaci3n en Planta.*



(Fuente: ficha t3cnica dada por la empresa conceptos pl3sticos)

5.3. FICHA T3CNICA JAMBA 1

5.3.1. *Tabla 6. Caracter3sticas T3cnicas*

Durabilidad	Elevada
Resistencia a tracci3n	1262,3 kg/cm ²
Resistencia a compresi3n	1697,5 kg/cm ²
Temperatura m3x. trabajo	50 – 75°C
Temperatura m3n. trabajo	-20°C
M3dulo el3stico	1300 kg/cm ²
Densidad	0,98 g/cm ⁻³
Flamabilidad	Ninguna

(Fuente: ficha t3cnica dada por la empresa conceptos pl3sticos)

5.4. FICHA TÉCNICA JAMBA 2

5.4.1. Tabla 7. Características Técnicas

Durabilidad	Elevada
Resistencia a tracción	1262,3 kg/cm ²
Resistencia a compresión	1697,5 kg/cm ²
Temperatura máx. trabajo	50 – 75°C
Temperatura mín. trabajo	-20°C
Módulo elástico	1300 kg/cm ²
Densidad	0,98 g/cm ⁻³

(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.4.2. Tabla 8. Dimensiones de Pedido

Bloque	Longitud		Ancho (m)	Peso (kg)
	Real (m)	Útil (m)		
Modulación	3,3	3,3	0,15	20,5
				35
Modulación	2,2	2,2	0,15	13,6
				67
Modulado	1,1	1,1	0,15	6,83
				4

(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

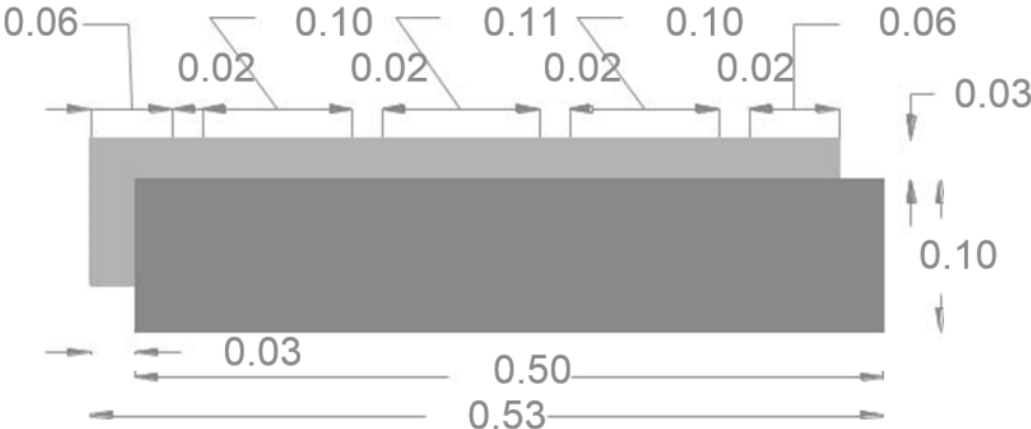
5.4.3. Tabla 9. Dimensiones de Pedido

Bloque	Longitud		Ancho (m)	Peso (kg)
	Real (m)	Útil (m)		
Modulación clima cálido	3,3	3,3	0,15	55,613
Modulación clima frío	2,2	2,2	0,15	37,075
Modulado	1,1	1,1	0,15	18,537

(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.5. FICHA TÉCNICA BLOQUE DUCTO

5.5.1. Figura 9. Dimensiones Técnicas



(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.5.2. *Figura 10. Bloque Ducto*



(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.5.3. *Tabla 10. Características Técnicas Bloque Ducto*

Durabilidad	Elevada
Resistencia a tracción	1262,3 kg/cm ²
Resistencia a compresión	1697,5 kg/cm ²
Temperatura máx. trabajo	50 – 75°C
Temperatura mín. trabajo	-20°C
Módulo elástico	1300 kg/cm ²
Densidad	0,98 g/cm ⁻³
Flamabilidad	Ninguna

(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.5.4. Tabla 11. Dimensiones de Pedido

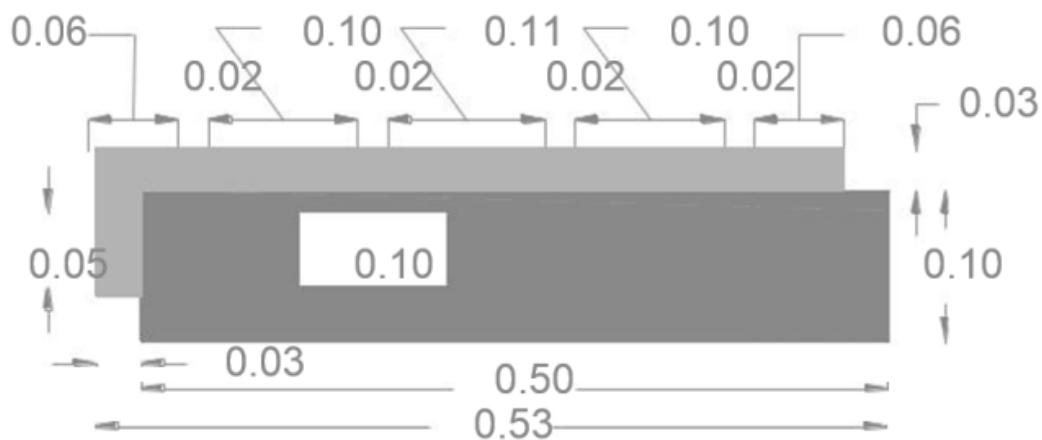
Bloque	Longitud		Ancho (m)	Peso (kg)
	Real (m)	Útil (m)		
Ducto completo	0,53	0,5	0,07	2,569

(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.6. FICHA TÉCNICA BLOQUE TOMA

5.6.1. Dimensiones Técnicas

5.6.1.1. Figura11. Dimensiones Técnicas de Bloque Toma





(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.6.1.2. *Tabla 12. Características Técnicas*

Durabilidad	Elevada
Resistencia a tracción	1262,3 kg/cm ²
Resistencia a compresión	1697,5 kg/cm ²
Temperatura máx. trabajo	50 – 75°C
Temperatura mín. trabajo	-20°C
Módulo elástico	1300 kg/cm ²
Densidad	0,98 g/cm ⁻³
Flamabilidad	Ninguna

(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.6.1.3. Tabla 13. Dimensiones de Pedidos

Bloque	Longitud		Ancho (m)	Peso (kg)
	Real (m)	Útil (m)		
Completo	0,53	0,5	0,07	2,513

(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.6.1.4. Cuadro 2. Comparación de Beneficios entre Materiales

BENEFICIOS	Bloque Plástico	Madera	Concreto	Metal
No requiere mantenimiento				
Ahorro de tiempo y recursos	X	X	X	X
Durable Resistente a la Intemperie				
Incluso en condiciones meteorológicas extremas	X	X		X
Resistente a la humedad				
Impermeable, no absorbe, resistente al agua marina	X	X	X	X
Inmune a insectos, roedores y microorganismos				
No requiere inmunización, no es atacado por animales	X	X		
Anticorrosivo				
No requiere pintura	X			X

A prueba de putrefacción				
No presenta lixiviación	X	X		X
No propaga la llama				
Debido a inhibidores, es completamente ignífugo	X	X		
Aislante térmico, acústico y eléctrico				
Bajo coeficiente de conductividad térmica	X			X
Resistencia a impactos, tracción y flexión				
Excelentes propiedades mecánicas y resistencia al impacto	X	X		X
Facilidad de acabados				
Recibe pañete, pintura y enchape	X	X	X	X
Facilidad de maquinado				
Cortar, taladrar, clavar, perforar con puntillas o tornillos	X		X	X
Fácil y rápida instalación				
No requiere mano de obra especializada	X		X	X
Ecológico				
95% materiales reciclados	X	X	X	X

(Fuente: ficha técnica dada por la empresa conceptos plásticos)

5.7. ASPECTOS TÉCNICOS Y ESTRUCTURALES

Así como la tecnología va evolucionando con el paso del tiempo, también van cambiando los materiales y técnicas en la construcción. Específicamente en la construcción de viviendas de interés social o prioritario, hoy en día se requiere las siguientes características:

- Que no cause grandes gastos de energía.
- No causa desechos, ni produzca contaminación.
- Una vivienda con una seguridad aceptable a las inclemencias del tiempo y a los peligros de la naturaleza.
- Socialmente aceptable, al utilizar mano de obra no calificada.
- Los materiales se consigan en el lugar
- Fuerza laboral local para la producción de los materiales y la construcción
- No se requieran herramientas o equipos de alto costo
- Se requiere baja especialización y su labor es de fácil aprendizaje.

Diferentes investigaciones, han logrado conseguir un mismo resultado en la implementación de materiales reciclables como el plástico PET mezclado con el cemento, logrando una variedad de elementos constructivos con mejores especificaciones técnicas que los hechos con materiales convencionales.

5.8. DOSIFICACIÓN DE MEZCLAS CON PET

Garzón y Montaña (2014) para obtener el título de Ingeniería Civil en la Universidad Minuto de Dios, desarrollan una investigación con el objetivo de determinar de modo preliminar el posible comportamiento del PET para ser usado como bloque de mampostería, teniendo en cuenta la normativa colombiana NTC para la construcción.²⁴ Durante el proceso de ejecución se realizaron análisis detallados de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales, para así arribar a la dosificación ideal de estos. Uno de los resultados más destacados de este estudio radica en la factibilidad de utilizar el PET para la elaboración de mezclas y la producción de un bloque estable, con características y funcionalidades que se asemejan a aquellos elaborados con agregados pétreos. Es de mencionar que los autores recomiendan un análisis más exhaustivo con diferentes dosificaciones, mejorando las condiciones de curado, con el fin de aumentar las propiedades físicas químicas y mecánicas del producto.

5.9. ESTUDIOS DE RESISTENCIA DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Aguirre (2013) lleva a cabo un estudio en la Universidad de Cuenca como tesis de grado, con el objetivo de realizar una propuesta de diseño vivienda; el autor toma en cuenta estudios sobre arquitectura reciclable y la realización de pruebas de laboratorio, incluyendo resistencia a la compresión, resistencia a compresión diagonal, resistencia tensión y resistencia a cortante. Debido a que la investigación fue encaminada a estudiar el comportamiento de una estructura tipo vivienda, inicialmente se caracterizó el material mediante ensayos a muestras o cubos

²⁴ Constituye un número de normas creadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación que establece los requisitos mínimos sobre materiales de construcción, mezclas y elementos utilizados.

plásticos extraídos de los bloques, continuando con pruebas a los elementos como unidad, seguir con los mismos en conjunto y terminar con el ensayo de la estructura tipo vivienda a escala real.

El autor citado ensayó con variadas dosificaciones a cilindros de prueba, utilizando el plástico como agregado en diferentes formas. Las conclusiones a las que llega el autor son que la mejor resistencia se da con la mezcla elaborada con el plástico fino sucio, aunque el plástico fino limpio tiene mejor manejabilidad. Además, se verifica que las mezclas de cualquier tipo con el plástico analizado, únicamente funcionan para mampostería no estructural.

En este contexto, un grupo de Investigadores²⁵ del Centro Experimental de la Vivienda Económica (CEVE) y del Instituto de Investigación del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la República Argentina (CONICET), realizan una investigación de tipo documental, donde analizan las posibilidades del uso de los plásticos reciclados como elementos constructivos. De su estudio, estos autores concluyen que los materiales plásticos reciclados(en este caso PET y films para envoltorios de alimentos) son reemplazantes adecuados de los agregados pétreos de hormigones comunes, debido a que tienen un bajo peso específico, suficiente resistencia, excelente aislación térmica, baja absorción de agua, buena apariencia, buen comportamiento a la intemperie, buena adherencia con revoques tradicionales, bajo costo y cualidades ecológicas.

Por su parte, Sierra (2016) realiza una investigación como requisito para optar al título de Magister en Ingeniería Civil en la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. El objetivo del estudio fue estudiar la factibilidad técnica del uso de material plástico polietileno de alta densidad (PEAD) reciclado en la fabricación de

²⁵ Berreta, Argüello, Gatani y Gaggino (2008)

elementos estructurales para la construcción de vivienda en Colombia y también se estudia una posible solución al déficit de accesibilidad a vivienda para personas de bajos recursos y en caso de emergencia, mediante la construcción rápida de viviendas sostenible a base de plástico reciclado PEAD (prPEAD)

El estudio se lleva a cabo tomando muestras de especímenes fabricados, especímenes unitarios y el conjunto de éstos formando elementos estructurales a los cuales se les determina propiedades físicas, se realizan ensayos a compresión, tensión, flexión, carga lateral horizontal paralela al plano y perpendicular al plano del elemento y se estudia el comportamiento de una vivienda de 6,33 x 6,33 m fabricada con elementos de prPEAD y uniones pernadas con láminas metálicas bajo carga horizontal.

Sierra estableció la factibilidad del uso del prPEAD para la fabricación de elementos que conformen una estructura de habitabilidad temporal. Además, el autor concluye que la variabilidad de los resultados se debe a la composición del producto PEAD, que puede estar compuesto por diferentes tipos de plástico, dependiendo del lugar donde fue reciclado. Los muros ensayados con carga distribuida, arrojan un resultado mayor a 3 veces lo solicitado por el reglamento NSR-10. Las fallas en los ensayos a compresión de las columnas se debieron al pandeo. Entre más corta la columna; mayor será la resistencia a compresión. La resistencia promedio de los muros a escala real es mayor 3 veces a la requerida por la NSR-10. Recomienda usar perfiles de acero para confinar los elementos PEAD,²⁶ con el fin de evitar, que a la aplicación de cargas, se separen. Se recomienda hacer estudios de resistencia de los elementos PEAD con refuerzo de acero y resistencia al fuego.

²⁶ Esto incrementa el costo del proceso constructivo y el peso del elemento.

Al someter la vivienda a carga lateral estática, los elementos que la conformaban como las columnas, vigas, viguetas o bloques Brickarp® no fallaron por fractura del elemento y tampoco colapsó la estructura, pero puede decirse que la estructura tuvo varios tipos de fallas diferentes a las mencionadas, como lo son las deflexiones excesivas, rotaciones en las uniones viga – columna, levantamiento de columnas esquineras, desplazamiento o separación de los bloques Brickarp® entre si y deformaciones permanentes de la estructura medidas hasta de 250 mm. Por lo que Sierra resalta la necesidad de estudios del comportamiento dinámico ante las sollicitaciones sísmicas establecidas por la NSR-10.

En este mismo orden de ideas, Zavala (2015) adelanta un estudio con el propósito de diseñar materiales de construcción elaborados con la combinación de cemento, agregados y plástico tipo Tereftalato de Polietileno, PET, también como agregado. Para ello, se trituró y convirtió botellas de plásticos en agregados, se planteó los diseños que deben tener los elementos creados, se determinó las propiedades físicas de los materiales utilizados y se probó la resistencia de los mismos. Se hicieron muestras de ensayo con proporciones de cemento-plástico 1:10; 1:0,75 1:0,50; 1:0,25, con las cuales se obtuvo una resistencia (kg/cm^2) de 21,40; 42,75; 62,66 y 72,20 respectivamente. Obtenidos estos resultados, concluye Zabala que la mezcla cementoplástico puede alcanzar los parámetros mínimos de resistencia especificados en las normas técnicas tradicionales que rigen los elementos creados a base de cemento y arena.

Además, afirma el investigador anterior que los elementos creados con la nueva mezcla (cemento + plástico) posee características similares a los creados con la mezcla tradicional; mejorando incluso algunos aspectos como la cantidad de agua utilizadas, el peso específico, la resistencia al fuego y la acústica.

Méndez²⁷ afirma que el material (PET) contiene aditivos que lo hacen resistente al fuego; además que las viviendas construidas con este material son resistentes a sismos con categorías hasta de 9.5 grados, a los roedores y al agua. Estima también que su vida útil está alrededor de los 400 años debido a la biodegradación del plástico. La mano de obra se destaca por su versatilidad; una vivienda se puede construir en menos de una semana con cuatro personas sin tener conocimientos especializados.

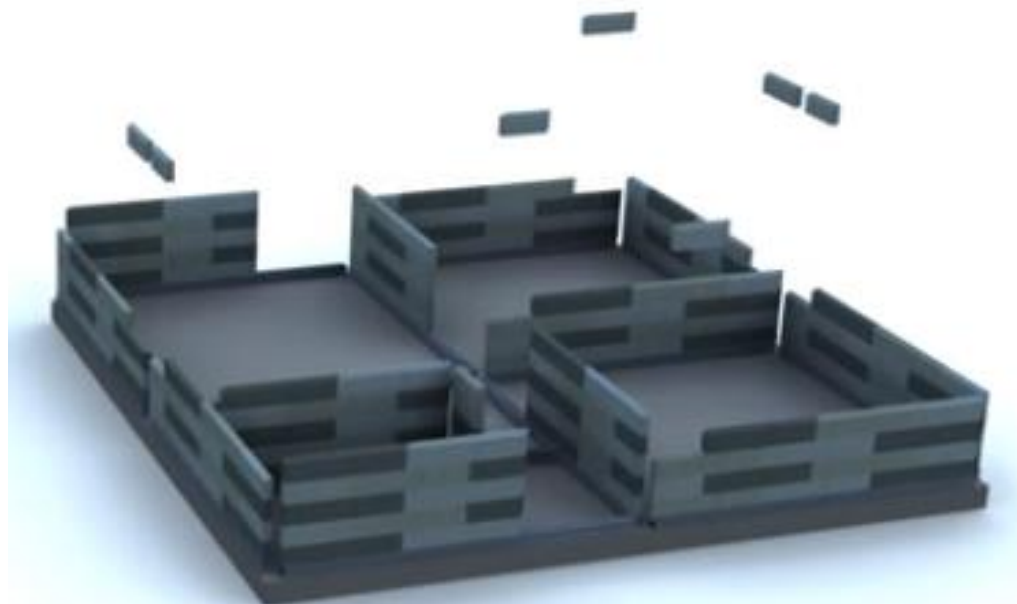
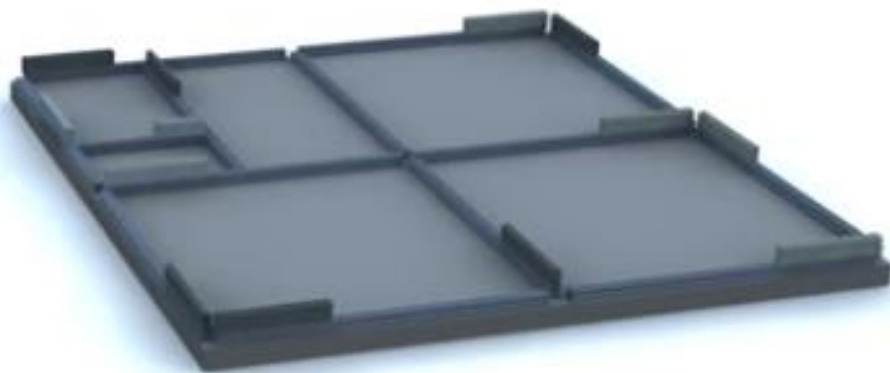
5.10. PROCESO DE ARMADO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR A PARTIR DE LA UTILIZACIÓN DEL SISTEMA BRICKARP²⁸

La vivienda consta de dos habitaciones, sala-comedor, baño y cocina con salida al patio. Se inicia con la cimentación y levantamiento de muros hasta la quinta hilada y construcción del piso (Figura 12). Luego se instalan las columnas guías y se levantan los muros hasta el remate y marcos de puertas y ventanas (Figura 13). Se continúa con la colocación de las vigas de remate e instalación de cubierta y techo (Figura 14).

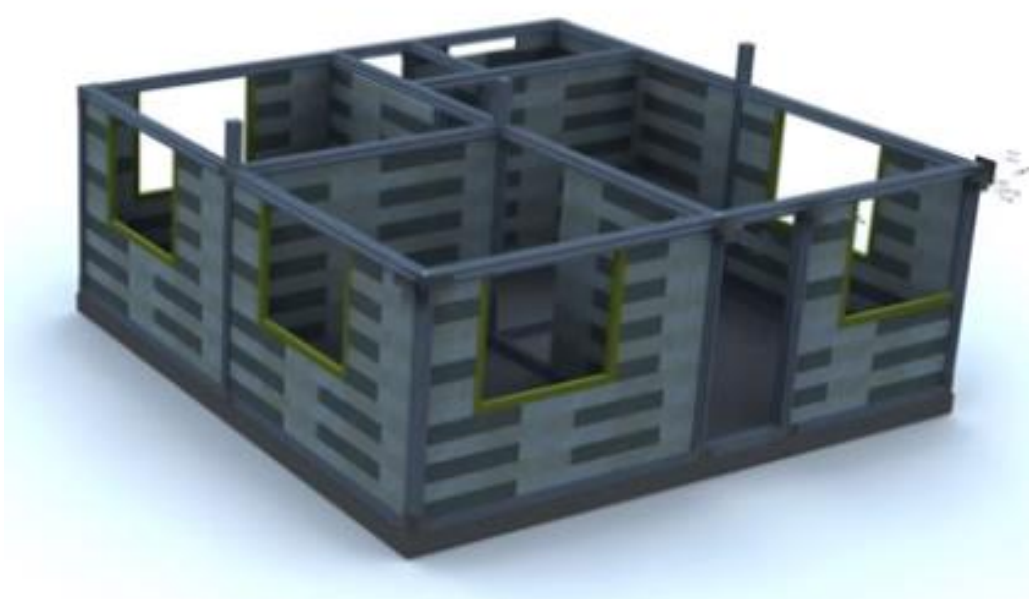
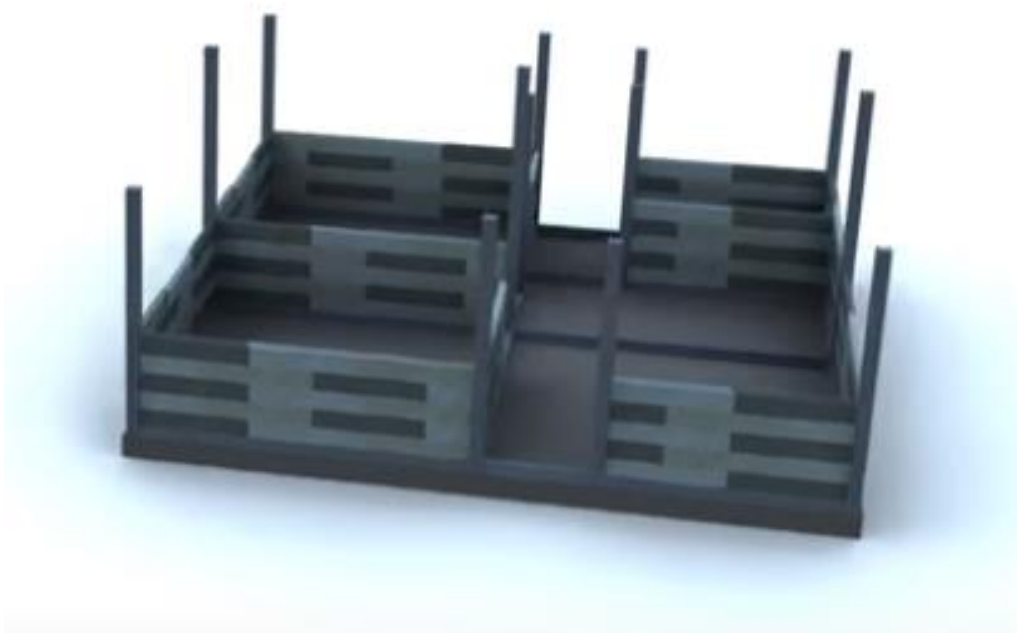
²⁷ Arquitecto integrante de la Fundación Conceptos Plásticos, en una entrevista para El Tiempo de Colombia (<http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16488356>)

²⁸ FIDECIT

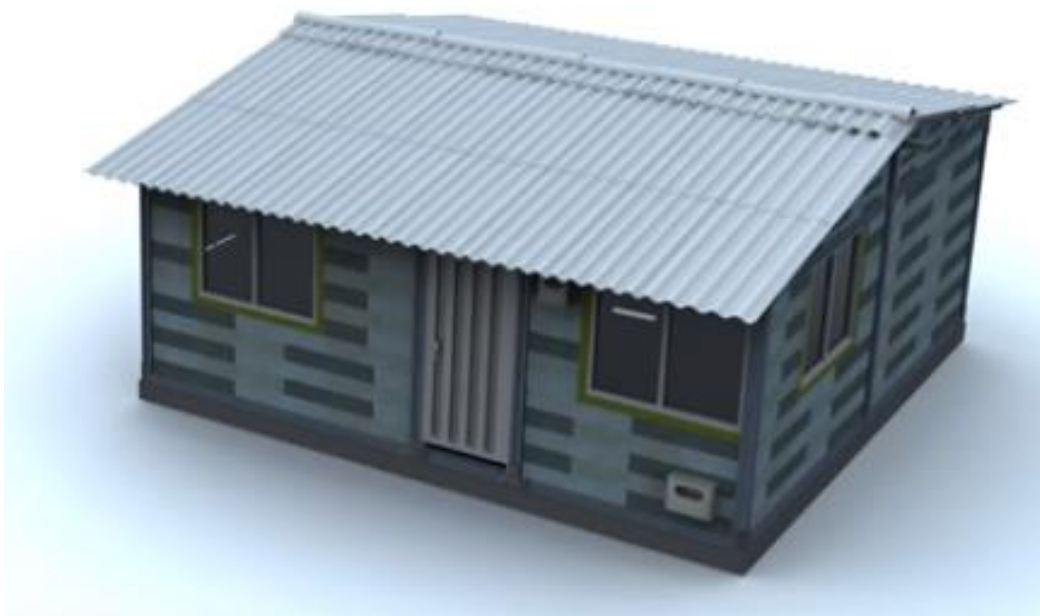
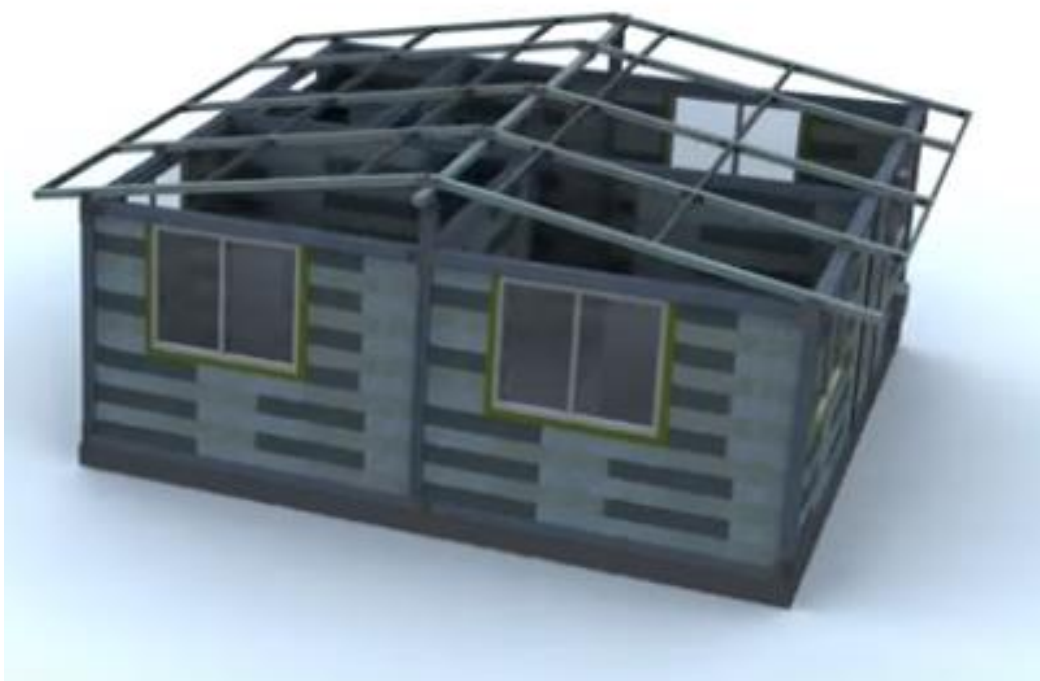
5.10.1. Figura 12. Cimentación y Levantamiento de Muros



5.10.2. Figura 13. Instalación de Columnas y Levantamiento de Muros



5.10.3. *Figura 14. Instalación de Vigas, Cubierta y Techo*



5.10.4. Figura 15. Vista Interna de la Casa



5.10.5. *Figura 16. Sistema de Acople con Platina Metálica y Pernos*



5.10.6. *Figura 17. Vigas de cubierta elaboradas en plastico de mayor dimención para disminuir la deflexión*



5.10.7. *Figura 18. Con el uso de la columna universal se facilita la instalación de las redes eléctricas e hidráulicas.*



5.11. ASPECTOS AMBIENTALES

García (2014) indica que uno de los objetivos de elaborar bloques con material de plástico reciclado, es encontrar la manera de reducir el impacto ambiental generado por el desgaste y pérdida de la cobertura terrestre; lo cual es provocado como consecuencia de la extracción de materiales pétreos. Esto se puede lograr con el material para la construcción elaborado con base a cemento y plástico (PET); lo que también contribuye en la reducción de residuos generados en la construcción.²⁹

Ampliando lo planteado, la justificación para el uso de un material como el PET en la construcción, se basa en la afectación que la Ingeniería Civil tiene en el medio ambiente con la exploración y explotación de la corteza terrestre, tanto en minas como en ríos; al extraer los agregados que necesita el concreto en las diferentes obras. Dichas acciones generan un irremediable y negativo impacto ambiental, por lo que se hace necesario investigaciones y técnicas novedosas para conseguir un material que pueda reemplazar los agregados, y que no afecte el medio ambiente; sino que por el contrario ayude a descontaminarlo, tal como se concibe con el PET reciclado.

Analizando los aspectos térmicos y acústicos, se establece que los ladrillos de arcilla poseen mayor transmisión térmica que los fabricados con recycle del PET. Esto quiere decir que las viviendas construidas con estos bloques poseen más aislamiento térmico y, asimismo, mayor resistencia a la transmisión del sonido que los ladrillos de arcilla.

²⁹ García, citado por Amaya, 2014

Vinculado a lo anterior, Pachón (2008) en el estudio de un plan de negocios, publica una serie de resultados de producción mensual de residuos sólidos en la Ciudad de Bogotá para el año 2005. Se observa en dichos datos que los residuos plásticos están en segundo lugar después de los residuos orgánicos, como los contaminantes que tienen mayor impacto en el medio ambiente; de igual manera que sólo se recicla un 9.3 % del total de los residuos sólidos. El autor citado refiere que mediante la implementación de empresas que recuperen polímeros desechados como el PET, es posible disminuir el impacto ambiental negativo que se le causa a la ciudad de Bogotá y además obtener un beneficio económico atractivo.

En este contexto, el concepto de arquitectura sostenible o arquitectura sustentable, se refiere a diseños arquitectónicos que busca optimizar los recursos naturales, de tal modo que se minimice el impacto ambiental de las viviendas construidas, sobre el medio y sus habitantes.³⁰ También se conoce como arquitectura verde, arquitectura ambientalmente consciente y eco-arquitectura. Este concepto considera el uso de los materiales de construcción con moderación y eficacia, utilizando recursos que provee el medio y materiales locales integrándolos en armonía a los diseños de las estructuras. La Arquitectura sustentable no resolverá por completo los problemas ambientales del mundo pero contribuirá significativamente a la creación de un hábitat humano más sostenible, otorgándoles un papel importante a todos los ingenieros, arquitectos y diseñadores.

En el ámbito de la sustentabilidad en la construcción, Sierra (2016) destaca que usar el plástico como reemplazo de los agregados pétreos en la elaboración de concreto común es eficiente y sostenible ya que se está retirando del ambiente

³⁰ Allende (2016).

residuos plásticos, dando paso para el cambio a sistemas constructivos sostenibles, teniendo en cuenta que solo se puede utilizar en elementos no estructurales. En este mismo orden de ideas, Maini (1990) resalta que la comunidad mundial está muy preocupada por el uso sostenible de los recursos naturales por parte de las generaciones presentes y futuras, y por la calidad del medio ambiente. Tiende a crearse una ética ambiental; se habla, por ejemplo, cada vez más de «usar sin abusar» los recursos; de «no forzarlos»; de «reutilizarlos»; de «hacer más con menos»”.

En consonancia con lo anterior se tiene que el impacto medioambiental de las diferentes soluciones modulares realizadas con plástico reciclable es menor, ya que se lleva a cabo un mayor control en la gestión de residuos, se producen menores emisiones de polvo y de ruido en obra y el tráfico rodado de mercancías es mínimo. Respecto a la arquitectura modular e industrializada, lo que permite un uso más racional de los recursos y la disminución del impacto durante la construcción, así como de los residuos generados; todo ello dentro de la idea de la arquitectura sustentable.

5.12. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

El tema económico es muy complejo de analizar, puesto que las empresas fabricantes de productos constructivos, no tienen publicaciones acerca de los costos finales de viviendas, los estudios que se han hecho sobre el tema, hacen un análisis teórico sobre los beneficios económicos como un beneficio adicional de todos los que conlleva una construcción con materiales reciclados; por lo que en este estudio se abordará el tema de costos haciendo un análisis teórico de lo que opinan las diferentes Fundaciones, empresas y artículos publicados.

Es de destacar que Garzón y Montaña (2014) mencionan, dentro de las recomendaciones que plantean en su trabajo, la propuesta de hacer un estudio nuevo, para analizar con detalle los costos de fabricación y distribución de materiales destinados a la elaboración de bloques con material reciclado, y así reducir el consumo de aquellos utilizados para la elaboración de bloques de arcilla o concreto. En éste trabajo, los autores formulan el problema, basados en el rápido crecimiento que tiene Colombia en la construcción de vivienda; fin que genera todo tipo de investigaciones y estudios en aras de conseguir construcciones más versátiles, que brinden a las personas de escasos recursos una posibilidad de adquirir en propiedad una de estas viviendas.

Existen algunos trabajos de investigación como el presente, que ofrecen un ayuda al análisis de la construcción de viviendas de bajo costo, justificados en la elaboración de los materiales constructivos con elementos reciclables; lo que conlleva a un valor final más bajo que el que resulta de viviendas fabricadas de forma tradicional.

En este orden de ideas, Argüello y Castellanos (2015) afirman que debido a la generosidad como material térmico, los muros divisorios contruidos con bloques de plástico reciclado, pueden ser más angostos; lo que conlleva a disminuir la cantidad de material utilizado y esto al final se traduce en más bajo costo. Por otro lado, la mano de obra se abarata, puesto que para armar una vivienda no se requiere de personal muy calificado. Algunos de los elementos constructivos de materiales reciclables, ya se encuentran en el mercado a un bajo costo, facilitando su construcción. El menor tiempo utilizado en la construcción de una vivienda, implica un menor costo en mano de obra.

Las cimentaciones, empotramientos, uniones entre elementos y en general todo lo que integra la parte estructural de la vivienda, resulta menos compleja, debido a que los productos pueden ser fabricados para ser ensamblados y a su bajo peso. Esto implica también una reducción considerable en los costos finales de la vivienda. El bajo peso de los elementos reciclados también genera un bajo costo en el transporte, tanto de materia prima, como elementos terminados. Argüello y Castellanos concluyen que este tipo de construcción sería una opción viable para las viviendas de interés social. El impacto social que genera el proyecto es positivo, pues permite mejorar la calidad de vida de aquellas personas que no cuentan con los recursos suficientes para una vivienda; adicionalmente el proyecto logra satisfacer las necesidades básicas de una población, pues este, está pensado para brindar esta oportunidad a varias familias necesitadas.³¹

5.13. IMPACTO AMBIENTAL

Durante el desarrollo de su trabajo, Pachón (2008) resalta que su proyecto está encaminado a la creación de una empresa recicladora de plástico PET; en la que se presta el servicio de molido, lavado, secado por medio del proceso de centrifugado, terminando con el proceso de peletizado; producto final de alta calidad que será ofrecido a las empresas que fabrican sus productos en base al PET, entre las que se encuentran los posibles constructores de viviendas modulares con carácter ecológico.

³¹ Argüello y Castellanos (2015)

El autor del estudio realiza una investigación en la Unidad Ejecutiva de Servicios Públicos; lo que hoy es la Unidad Administrativa de Servicio Públicos UAESP, Dependiente de la Alcaldía Mayor de Bogotá, sobre la proyección de residuos sólidos para su disposición final en el relleno sanitario Doña Juana. Los resultados demuestran que el reciclaje en la Ciudad de Bogotá es muy bajo y que sus habitantes deben concientizarse para aplicar unas buenas prácticas en este sentido; aplicar políticas que conlleven a una regulación clara para ampliar esta práctica, generando una gran fuente de empleo y disminuyendo considerablemente el impacto ambiental. Otra conclusión que se puede obtener de dicha investigación es que existe un gran potencial de reciclaje en la recolección de residuos sólidos.

En su investigación, Aguirre (2015) lleva a cabo una encuesta, mediante la cual obtiene que el 25.9% de los ecuatorianos encuestados han recibido capacitación sobre reciclaje, y el 24.5% utiliza productos reciclados. El objeto de dicha investigación consistía referida consiste en buscar una alternativa de uso del plástico reciclado y aumentar estos porcentajes ostensiblemente en el Ecuador.

En el Cuadro 3 se presenta la cantidad de reciclaje de cada elemento en la Ciudad de Cuenca, según la Empresa Municipal de Aseo. Tómese en cuenta que el plástico tiene una degradación de entre 150 a 200 años, de gran impacto ecológico, pero que puede ser reciclado; además, es un material que tiene bajo peso, por lo que es factible su manejo en grandes volúmenes.

5.13.3. Cuadro 3. Cantidad de materiales reciclados en la ciudad de Cuenca

Elementos	Ton/mes	Ton/año
Chatarra	1167	14000
Papel y Cartón	583	7000
Plástico	142	1700
Vidrio	25	300
Total	1917	23000

Fuente: Empresa Municipal de Aseo EMAC

De acuerdo a lo planteado, el Cuadro 4 indica los diferentes tipos de plástico que pueden ser reciclados, dependiendo del objetivo para lo cual se va a utilizar. Al respecto, el PET es el producto plástico que más se utiliza, por lo que es el que más impacto ambiental produce y el que mejores condiciones presenta para ser utilizado en la construcción.

Según la USGBC (Consejo de la Construcción Ecológica de Estados Unidos) la industria de la construcción, es responsable del 34% del consumo mundial de energía, de ahí que surge el concepto de una nueva forma de construcción denominada Arquitectura Sustentable, Arquitectura Sostenible, Arquitectura Verde, Arquitectura Ambientalmente Consciente o Eco- Arquitectura; que de acuerdo con Evan³² es aquella que promueve diversos beneficios, más allá de su participación en el mejoramiento de las condiciones ambientales y mitigación del impacto ambiental, representando el establecimiento de un nuevo orden de los principios básicos de diseño, en todas y cada una de sus escalas, fundamentado en sistemas

³² El “ladrillo ecológico” como nuevo material para la construcción sustentable. Proyecto de investigación. Disponible: http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/blog/docentes/trabajos/17133_5526.pdf

y ciclos naturales, con el empleo de recursos locales, tomando en cuenta la dimensión social y proyección a futuro.

5.13.4. Cuadro 4. Plásticos Reciclables

Nombre	Código	Significación	Aspecto	Productos que los contiene
PET	1	Politereftalato de etileno	Plástico completa-mente transparente, sin color o verde.	Botellas de agua mineral, de Coca Cola, de limonadas.
PEHD (Soplado)	2	Politereftalato de alta densidad	Plástico opaco, blando que se puede comprimir con la mano.	Botellas, baldes, tinas, fundas de suero, recipientes de alimento (tampico).
PVC	3	Policloruro de vinilo	Variable.	Recipientes domésticos, bote-llas y recipientes de alimentos, mangueras, aislamiento de cables eléctricos.
PELD (Soplado)	4	Polietileno de baja densidad	Variable.	Embalaje de folios finos, otros materiales de lámina.
PP	5	Polipropileno	Plástico duro, no se puede comprimir con la mano, se rompe bajo presión.	Botellas, Baldes, tinas, reci-pientes grandes, recipientes alimentos, platos desechables.

Espuma flex (PS)	6	Espuma de poliestireno	Espuma blanca coagulada, gruesa o fina.	Materiales de embalaje que sirven para amortiguar golpes (embalajes de electrodomésticos, etc.), platos desechables.
Otros	7	Plásticos mezclados	Variable.	Variable.
PEHD (Funda)	--	Polietileno de alta densidad	Fundas de material más duro, suenan cuando se arrugan.	Fundas impresas de supermercado, fundas rayadas (color de bandera, blanco y rojo, blanco y azul, etc.), fundas de leche, de detergentes, etc.
PELD (Funda)	--	Polietileno de baja densidad	Funda blanda, que se estira rompiéndola, que no suena cuando se arruga.	Fundas de alimentos usados en los mercados (unicolores, blancas, color pastel).
Esponja	--		Variable.	Colchones, esponjas domésticas, interior de peluches, al mohadas, etc.

Fuente: <http://geomarketinginternacional.com/reciclaje.pdf>

La arquitectura sustentable no resolverá por completo el problema ambiental de las ciudades, pero logrará cambios a través de la utilización de nuevos elementos de material reciclado, que para su fabricación genera un bajo consumo de energía, contribuyendo a tener un mejor medio para el hábitat humano.

Según Castillejo, Chañas y López (2014), en el mundo se calcula que el consumo de PET es de 12 millones de toneladas, con un crecimiento anual del 6%; de estos valores tan solo el 20% se recicla, el resto va a parar a rellenos sanitarios y a exposiciones a cielo abierto. En México se producen 9 mil millones de botellas PET al año que representan la tercera parte de la basura de las viviendas, 90 millones son lanzadas a las vías, bosques y playas, tan solo el 15% es reciclado. Una vez que el PET se convierte en residuo, los envases terminan en los cauces de los ríos y en drenajes, produciendo taponamientos y causando dificultades en el proceso de desazolve, lo que puede provocar inundaciones. También se deposita a cielo abierto y en los océanos generando basura y gran impacto visual (ver Figura 19).

5.13.5. *Figura 19. Acumulación de Botellas de Plástico en Cauce*
(Castillejo, Chañas y López, 2015)



Un análisis de beneficios que Castiñejo et al. hacen del PET es el siguiente:

- Que actúa como barrera para los gases, como el CO₂, humedad y el O₂.
- Es transparente y cristalino, aunque admite algunos colorantes Irrompible.
- Liviano.
- Impermeable
- No tóxico hasta cierto grado; cualidad necesaria para este tipo de productos que están al alcance del público en general (aprobado para su uso en productos que deban estar en contacto con productos alimentarios)
- Inerte (al contenido)
- Resistencia esfuerzos permanentes y al desgaste, ya que presenta alta rigidez y dureza

- Alta resistencia química y buenas propiedades térmicas, posee una gran indeformabilidad al calor
- Totalmente reciclable
- Estabilidad a la intemperie
- Alta resistencia al plegado y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.

En el ámbito en que se discute, se tiene que resaltar la gran preocupación que existe sobre el consumo desmedido del plástico en Colombia; según la Súper Intendencia de Sociedades (SIREM) un habitante consume 20 kg de plástico anual, y aunque un valor bajo frente al de países más desarrollados, sin un conveniente plan de reciclaje, se convierte en una generación de desechos incontenible. Los desechos plásticos producen grandes extensiones de basura en los océanos de todo el mundo, afectando a muchas especies de vida marina. Diferentes países del mundo como los EEUU, China, Italia, Francia, entre otros han adoptado políticas de Estado para reducir el consumo de dicho consumo.³³

El reciclaje contribuye solucionar el impacto ambiental y está siendo aprovechado por distintas organizaciones en diferentes partes del mundo en la construcción, especialmente en la vivienda de interés social.

³³ Sierra, 2016

6. BENEFICIOS DEL USO DE PLÁSTICO RECICLADO PARA FABRICACIÓN DE LADRILLOS BRICKARP COMO MATERIAL CONSTRUCTIVO EN COLOMBIA



(Fuente <https://www.expoknews.com/conoce-los-ladrillos-hechos-de-plastico-reciclado/>)

De acuerdo a la Declaración Universal de los Derechos Humanos (Naciones Unidas, 2015) “toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda...” (s/p). Igualmente, el Objetivo 11 de la Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible³⁴, refieren, entre otras metas, “lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y

³⁴ Naciones Unidas-CEPAL. (2016)

sostenibles”, contempla a su vez “de aquí a 2030, asegurar el acceso a todas las personas a viviendas y servicios básicos adecuados, seguros y asequibles y mejorar los barrios marginales” (Objetivo 11.1). Sin embargo, en Latinoamérica se observa la configuración de una problemática en torno a la suplencia de vivienda como consecuencia de una alta demanda y una oferta insuficiente.

Destaca la Comisión Económica para Latinoamérica y el Caribe (Cepal) (2018), con respecto a lo planteado, que la velocidad con la cual se viene sucediendo la urbanización de América Latina y el Caribe en los pasados 50 años, sobrepasa los sistemas de planificación y gestión urbana, así como la capacidad de reacción frente a las problemáticas derivadas de este rápido crecimiento. Continúa explicando esta fuente que como resultado de estas dinámicas, persiste la problemática de los asentamientos informales y precarios; una situación en la que habitan cerca de uno de cada cuatro residentes de las ciudades latinoamericanas.

Particularmente, en Colombia –contexto de esta investigación- el Artículo 51 de su Carta Magna³⁵ reza que; Todos los colombianos tienen derecho a vivienda digna. El Estado fijará las condiciones necesarias para hacer efectivo este derecho y promoverá planes de vivienda de interés social, sistemas adecuados de financiación a largo plazo y formas asociativas de ejecución de estos programas de vivienda” (s/p).

Sin embargo, y pese a que en Colombia la atención política y desorden urbanístico ha formado parte de los programas de gobierno desde 1998, todavía hay una gran demanda que no ha sido totalmente cubierta. A esto se suma el hecho de que en este país la vivienda es un bien costoso y de difícil adquisición³⁶.

³⁵ Constitución Política de Colombia (1991)

³⁶ Castillo, 2004

El panorama sobre el déficit habitacional colombiano obliga a buscar alternativas, dentro de las cuales puede considerarse el uso del plástico reciclado para la fabricación de ladrillos Blickarp como material constructivo. En este sentido, el uso de este material en la construcción de viviendas resulta ser una alternativa factible de accesibilidad habitacional a sectores vulnerables y de bajos recursos³⁷. Además que ello estaría en consonancia con respecto a lo que expresa la Asamblea General de las Naciones Unidas, en sus convocatorias a los eventos Habitat I, II y III de fomentar, impulsar y crear asentamientos humanos sostenibles, en un mundo cada vez más urbanizado; un plan de acción para asegurar una vivienda adecuada para todos³⁸

³⁷ Ibid

³⁸ CEPAL, 2018

6.1. CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DEL LADRILLO DE PLASTICO RECICLADO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN



(fuente <https://revistapegn.globo.com/Startups/noticia/2016/08/conheca-o-empREENDEDOR-que-transforma-plastico-em-casa.html>)

Ante el empleo de tecnologías de construcción obsoletas, costosas y ambientalmente inconvenientes, el uso del plástico reciclado, mediante el sistema de ladrillos Brickarp, se erige como algo novedoso; con variadas características estructurales que le confieren ciertas ventajas para su uso en la construcción en Colombia. En relación a ello, el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2011) de ese país refiere que la escogencia de los materiales y el sistema constructivo, deben tender a una arquitectura sostenible, que guarde concordancia con las condiciones económicas de los habitantes; el sistema Blickarp cumple con muchas de estas condiciones.

De esta manera, varias investigaciones^{39,40} refieren las ventajas de trabajar con este material, desde el punto de vista del sistema constructivo; destacan:

- Los bloques de plástico recuperado son livianos, por el bajo peso específico de la materia prima; siendo sustancialmente menor al de otros cerramientos tradicionales que se usan para la misma función.
- Son modulares, resistentes y transportables, lo que permite armar y desarmar construcciones con facilidad, sin pérdida de material, sin generar escombros, ni mano de obra especializada. Además existen los conocimientos, habilidades, equipos y herramientas para fabricar y construir viviendas con materiales relacionados a los ladrillos Bilckarp de forma funcional, seguras y económicas.
- Mejora el rendimiento en la instalación a través de procesos de coordinación dimensional con módulos integrados por columnas, vigas y otros elementos que posibilitan su uso en pisos y muros, y a su vez el sencillo acople de entrepisos, cielos falsos y techos.
- Los bloques de plástico recuperado no necesitan actividades complementarias para mejorar las superficies, ni los acabados.
- Proveen una excelente aislación térmica y acústica, superior al de otros cerramientos tradicionales, lo que permite a los habitantes de la vivienda establecer relaciones armónicas con los demás y al interior de sus propios espacios, en pro de la sostenibilidad humana y social⁴¹
- Ladrillos y bloques Blickarp tienen una resistencia menor a la de otros elementos constructivos tradicionales, pero suficiente para ser utilizados como cerramientos de viviendas con estructura independiente

³⁹ Salazar, Arroyave y Moreno, 2014

⁴⁰ Berreta, Argüello, Gatani y Gaggino, 2008

⁴¹ Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011

antisísmica. Estos materiales contienen poliolefinas, que son termoplásticos de elevada rigidez, cristalinidad, alto punto de fusión y excelente resistencia química⁴²

- Los elementos constructivos con plásticos reciclados tienen una absorción de agua similar a la de otros cerramientos tradicionales.
- Afirma Méndez (Empresa Conceptos Plásticos) que este tipo de ladrillos contienen aditivos que lo hacen resistente al fuego⁴³. Las pruebas empíricas con ladrillos de plástico en contacto con este elemento mostraron que solo un tipo de llama duraría si el plástico estuviera bien saturado con combustible líquido. Cualquier tipo de material tiene características similares en estas condiciones; no obstante, es posible mejorar este problema con yeso y pintura resistente al fuego⁴⁴.

⁴² Fundación para la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico, sf

⁴³ Medina, 2016

⁴⁴ Salazar, Arroyave y Moreno, 2014

6.1.1. *Uso en Construcciones de Emergencia.*



(fuente <http://www.estabueno.com.ar/casas-hechas-con-plastico-reciclado/>)

Especial atención merece el uso del plástico reciclado con tecnología Brickarp como alternativa de construcción para casos de emergencia, característicos en Colombia. En ese sentido, estos materiales pueden proveer lugares de habitación, albergues temporales o viviendas permanentes a afectados por desastres naturales, grupos vulnerables, minorías étnicas, mujeres de cabeza de hogar, desplazados por la violencia y quienes requieran solucionar rápidamente su necesidad de vivienda; esto en consonancia con el Objetivo 11b del Desarrollo Sostenible⁴⁵ que enuncia que lo que se quiere es;

De aquí a 2020, aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la

⁴⁵ Naciones Unidas-CEPAL, 2016

mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles.

En relación a esto, explica UN-HABITAT (2012) que el sistema de construcción con este tipo de ladrillo es muy práctico,, durable y con la característica de ser sismoresistente; por lo que contribuye con la capacidad de respuesta a la atención de catástrofes o situaciones de emergencia; refiere que una unidad de 18 m² o refugio para albergar a 4 o más personas en situación de desastre, puede construirse en cuestión de horas, lo cual es una razón importante para integrar esta práctica a planes instituciones de contingencia. De hecho, AgriculturayEmpresa (2018) refiere que uno de los mayores logros de la empresa Conceptos Plásticos fue la construcción de un albergue temporal para 42 familias desplazadas por la violencia en Gaupi (Cauca), en 2015.

6.2. DIMENSIÓN ECONÓMICO-SOCIAL DEL USO DEL PLÁSTICO RECICLADO EN LA CONSTRUCCIÓN CON LADRILLOS BRICKARP

6.2.1. Costos en la Construcción

El uso de agregados pétreos en el ámbito de la construcción se ha desarrollado desde el uso de razón del ser humano, mediante la utilización de rocas para construir refugios. En la actualidad, su uso intensificado provoca que sea cada vez más escaso, aumente su precio y, por ende, el producto final para el cual se emplea⁴⁶.

Por la razón expuesta, los entes encargados de la construcción, ya sean públicos o privados han sentido la necesidad de buscar soluciones para una posible sustitución de los agregados pétreos por otros materiales de bajo costo; con esto se busca, según Berreta *et al.* (2008), reemplazar parcialmente una tecnología muy arraigada en la sociedad latinoamericana y Colombiana para la construcción de viviendas, como es la mampostería de ladrillo común de tierra cocida (elaborado con un recurso no renovable), con el uso cada vez más creciente del plástico reciclado como materia prima para fabricar nuevos elementos, productos o artículos, tales como los ladrillos Brickarp, dado que reduce el costo en su fabricación.

Adicional a lo anterior, es inquietante la rápida escalada de costos en materiales básicos de construcción (concreto, ladrillo, acero), resultante de diversos factores⁴⁷. En el ámbito local se tienen algunos problemas de inelasticidades del sector productivo y, aparentemente, fenómenos de oligopolios con tendencias a acuerdo entre empresas del ramo para limitar la competencia en precios. En el campo internacional, se ha presentado un auge en la demanda externa de algunos

⁴⁶ Sierra, 2016

⁴⁷ Clavijo, Janna y Muñoz, 2005

minerales como el acero, que en el caso de China parece haber incidido sobre el precio de la “chatarra” a escala internacional. La lenta respuesta de la capacidad instalada, en países como Estados Unidos y Polonia, y los altos costos del transporte, dada la elevada carga-específica de estos productos, ha incidido en estos incrementos de costos.

Vinculado al tipo de situación descrita, se comenta que el sector de la construcción experimenta ciclos de actividad mucho más acentuados que el promedio nacional y otras ramas productivas, y se constituye en uno de los principales indicadores económicos, debido a que las fluctuaciones –mensuales y anuales- de este sector están muy asociadas al ciclo de la economía⁴⁸. Tales fluctuaciones fueron las que llevaron al gobierno colombiano, en la figura de su Ministro de Vivienda, Germán Vargas Lleras, a emitir el Decreto 2490 del 2012 donde se establecía alzas en la vivienda por el aumento del costo de materiales, el transporte y la ubicación geográfica⁴⁹.

Frente a esto, Salazar *et al.* (2014) apuntan que el costo de construcción por metro cuadrado con estructuras plásticas ya era competitivo para la fecha de publicación. Para ese mismo año, Martínez demuestra que combinando cemento con agregados plásticos se obtiene una excelente relación costo beneficio de este ladrillo en comparación con aquel sólo a base de cemento. Esto se debe, entre otros aspectos⁵⁰:

- A que gran parte de la materia prima es un residuo, sumado al hecho de que para su procesamiento utiliza mínimas cantidades de energía comparativamente con la necesaria para la producción de materiales como el ladrillo y el cemento.

⁴⁸ Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), 2018

⁴⁹ Portafolio, 2012

⁵⁰ Berreta, Argüello, Gatani y Gagnio, 2008

- Por ser muy buen aislante térmico, se puede utilizar un menor espesor de cerramiento que uno tradicional, con lo cual se economizan materiales.
- Por su bajo peso de carga, se ahorra en el transporte y en cimientos.
- Además, el Sistema Constructivo Brickarp no requiere mantenimiento, y su garantía de durabilidad se extiende a los términos de biodegradación de la materia prima que lo compone; es decir, más allá de los 500 años, de acuerdo con investigaciones realizadas.

6.2.1. *Ámbito Socio-Económico*

De acuerdo con Torres (sf), las condiciones habitacionales influyen en buena parte en la calidad de vida de la población. Como consecuencia la satisfacción de las necesidades habitacionales, sobre todo con el abaratamiento de las viviendas por el uso de materiales de construcción de bajos costos como el uso del plástico reciclado mediante la tecnología Brickarp, se contribuye a la formación de capital humano; esto en palabras de Salazar *et al.* (2014)

Desencadena efectos en dos direcciones: sobre la productividad del trabajo, los ingresos de los hogares y la demanda agregada de la economía y, a nivel de la oferta, sobre la competitividad de las empresas y el volumen de la producción. La incidencia conjunta se materializa en el crecimiento del PIB (p.1).

Por otro lado, cuando se construye con el Brickarp se mitiga el déficit cuantitativo de vivienda y se mejora la calidad de vida de las comunidades vulnerables, lo cual involucra a recicladores –proveedores de materias primas-, asociaciones, miembros de la familia, comunidad en general, fundaciones y empresas

responsables socialmente. De manera que no sólo se disminuye el impacto negativo del plástico en el medio ambiente, sino que se empodera a comunidades vulnerables brindándoles la alternativa de construir sus propias casas, a la vez que se genera empleo; esto disminuye la brecha de la pobreza extrema y mitiga la formación de asentamientos informales⁵¹.

Esta participación activa de los miembros de la comunidad en el proceso de construcción de la vivienda es posible porque el armado con ladrillos Brickarp, derivado del procesamiento de plásticos reciclados, no requiere mano de obra especializada; razón por la cual los mismos afectados, con un grupo coordinador, pueden participar en el levantamiento de las viviendas, disminuyendo las necesidades técnicas y financieras. Todo ello contribuye a su sentido de pertenencia y autoestima⁵², al lograr un objetivo común desde el punto de vista ambiental, una contribución fundamental en la promoción de una cultura de la sostenibilidad y aplicado a la construcción de viviendas y al uso eficiente de los recursos.

⁵¹ Egresados, 2016

⁵² Salazar *et al.*, 2014

6.3. OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

Lo referido sobre el impacto socioeconómico que trae consigo el uso del plástico reciclado en la construcción -ladrillo Birckarp- se inscribe dentro del Eje 5 de los Objetivos del Desarrollo Sostenible⁵³, referido a la Implementación local; cuyos objetivos, entre otros, son:

- Propiciar comunidades locales que jueguen un rol integral y protagónico en la sociedad civil y en el desarrollo urbano sostenible.
- Fortalecer la continuidad de procesos de planificación e implementación a mediano y largo plazo para el desarrollo urbano sostenible y entre una de sus estrategias: Mecanismos de vinculación de largo plazo con recursos asignados y con compromisos explícitos de cumplir con planes, programas y proyectos iniciados.
- Mejorar el tejido urbano existente para promover la eficiencia, equidad y seguridad de la ciudad y en su uso de recursos: Estrategia (entre otras): Diseño urbano eficiente en términos de uso de recursos primarios y secundarios, con criterios de ecoeficiencia aplicados e incentivados.

⁵³ CEPAL, 2018

- Un aspecto importante de esta tecnología es que puede impactar en la reducción del desempleo⁵⁴ en Colombia, dado que actúa como generadora de nuevas fuentes de trabajo locales directos e indirectos, tanto para hombres como para mujeres. En este último aspecto, opina Berreta *et al.* (2008) que en la construcción de viviendas con plástico reciclado y su uso como ladrillos Brickarp pueden participar las personas del sexo femenino, dado que el material es de muy bajo peso; ello es importante en diversas comunidades, donde muchas veces la auto-construcción está en manos de mujeres jefas de familia.
- Dado entonces que el aspecto socio cultural juega un determinante papel en la aceptación de la tecnología, UN-HABITAT (2010) cita una experiencia donde el Ficidadet abrió al público la visita a la vivienda modelo, construida con materiales derivados de materiales de plástico reciclado -tecnología Blickarp-, con la idea de socializarlo y “poner fin a las dudas y paradigmas de las diversas comunidades y el gobierno mismo, sobre construir una casa con “basura” (s/p). La actividad dio como resultado una aceptación general de la iniciativa.

⁵⁴ Castillo, 2004

6.4. CONSIDERACIONES FINALES

En resumen se puede afirmar que, desde el punto de vista de características estructurantes, el uso del plástico reciclado en la generación de los bloques Blickarp resulta ser una alternativa válida como material de construcción, principalmente de viviendas unifamiliares en Colombia; ya que pueden reemplazar a los agregados pétreos de hormigones comunes, dado su bajo peso específico, suficiente resistencia, óptima aislación térmica, baja absorción de agua y bajo costo, entre otros aspectos

Con dicha tecnología se puede aportar en la accesibilidad a vivienda en Colombia a personas de bajos recursos o ser solución en diferentes catástrofes, ya que estos sistemas con materiales plásticos reciclados resultan ser más económicos que los de materiales convencionales, su construcción es rápida, y se puede responder a necesidades de habitabilidad en caso de emergencias, igualmente puede ser sustituto para viviendas rurales; éste tipo de construcción brinda solución en todo el territorio colombiano con cualquier tipo de clima, ya que el plástico no se corroe, agrieta o es consumido por insectos.

7. IMPORTANCIA AMBIENTAL EN LA UTILIZACIÓN DE LADRILLOS DE PLÁSTICO RECICLADO COMO MATERIAL PARA LA CONSTRUCCION SOSTENIBLE DE VIVIENDA UNIFAMILIAR EN COLOMBIA

América Latina y el Caribe tienen una exuberante riqueza biológica, con recursos naturales y ecosistemas abundantes y variados. Principalmente, en la zona tropical de esta región se ubican 8 de los 17 países megadiversos del planeta, localizados en la cuenca andino-amazónica, entre ellos Colombia⁵⁵. De allí, la importancia de conservar y hacer sustentable estos recursos.

En el tema de la construcción y la sustentabilidad, se enmarca el siguiente capítulo; el cual busca resaltar la implicancia de utilizar nuevos materiales “sostenibles ambientalmente”, tales como el ladrillo Blickarp a partir del uso del plástico reciclado, en la construcción de viviendas en Colombia. Se presenta en primer lugar el problema que significa para el medio ecológico, el proceso de la construcción tradicional; seguidamente, se hace alusión a los efectos detrimentales al ambiente, que trae consigo de la deposición del plástico residual; y por último, se trata el tema del reciclado del plástico y su utilización en la confección de viviendas.

⁵⁵Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL, 2018

7.1. LA CONSTRUCCIÓN COMO PROCESO DE DETERIORO DEL MEDIO AMBIENTE

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MinAmbiente-Colombia) (2011), la industria de la construcción a nivel mundial, por ser uno de los sectores más intensivos en el uso de materiales, se encuentra dentro de los principales contribuyentes al agotamiento de los recursos naturales; esta actividad representa factor importante en la generación de efectos secundarios indeseables, dentro de los que se cuentan la contaminación edáfica, hídrica y atmosférica, generación de desechos sólidos, desperdicios tóxicos y calentamiento global. Todo esto produce un impacto importante en el ambiente; así, mientras los recursos cada vez siguen una curva decreciente, las demandas no cesan su aumento⁵⁶.

En este contexto, la edificación y construcción de infraestructuras hacen uso de entre 45% y 60% de los materiales extraídos de la litósfera, siendo el consumo de agregados inmenso, muchas veces sobre reservas de materias primas bastante limitadas; con lo adicional, que produce un aumento en la escorrentía y erosión de los suelos, y altera los procesos ecológicos de la tierra donde se produce la minería. También, el proceso de la construcción tiene relación directa con el 17% del consumo de agua y el 25% de la explotación de madera; utiliza entre el 40% y 50% de la energía que se produce y el 50% del consumo de combustibles fósiles⁵⁷.

Por otro lado, la actividad constructiva origina de una gran cantidad de partículas de polvo⁵⁸, provenientes de la extracción de materia prima, transporte, producción de materiales como cemento, concreto y la ejecución de actividades de cantera. De igual manera, la producción de cemento y cal genera grandes cantidades de CO₂ –

⁵⁶ Iglesias y García, 2012

⁵⁷ Ibidem MinAmb-Colombia p. 1

⁵⁸ Sarria y López, 2012

por cada tonelada de cal virgen son producidos 785 kg de CO₂ o más de 590 kg de CO₂ por una tonelada de cal hidratada-. Otros materiales utilizados por el sector generan importantes residuos, como son los producidos por la industria siderúrgica y metalúrgica. Borsoni (2011), respecto de lo anterior, ubica la cantidad de CO₂ vertido a la atmósfera en 500 kg para obtener un m² construido estándar de un edificio actual. Adicionalmente, la reducción de la cubierta vegetal, debido a la explotación con fines de construcción puede afectar negativamente la capacidad del planeta para procesar el dióxido de carbono.

Tómese en cuenta asimismo, que la producción y el transporte de los materiales también consume energía y provoca emisiones. Al respecto, Sarría y López (2012), ponen el ejemplo de la ciudad de Bogotá, donde el agotamiento de las reservas próximas a esa capital hace que el área natural esté a distancias superiores de 50 km, lo que implica grandes consumo de energía y generación de polución; ya que dada su dispersión espacial y transporte a grandes distancias, cerca del 80% de la energía utilizada en la producción de soluciones habitacionales es consumida en la producción y transporte de materiales.

Se deduce entonces que la actividad relacionada a la construcción en Colombia contribuye de forma importante con las 98 688 400 toneladas de CO₂ vertidas a la atmósfera por este país⁵⁹ durante el año 2015; ubicándolo entre los primeros cinco países de América Latina y el Caribe, después de Brasil, México, Argentina y Venezuela, y lo coloca al límite las emisiones para lograr la meta de 2°C en 2030 (5 toneladas de CO₂ *per cápita*)⁶⁰

⁵⁹ CEPAL, 2017

⁶⁰ Black, 2018

Tampoco se debe olvidar las grandes cantidades de desechos y residuos que se generan en todas las fases de la actividad de construcción, así como su deposición en el medio ambiente, una vez que finaliza la vida útil de la edificación. A este respecto, comenta Borsani (2011) que a los 2 500 kg que se emplea directamente por cada metro cuadrado construido (en el caso de edificios), hay que añadir 5 000 kg de residuos generados en su producción –que se extraen de la corteza terrestre o de la biósfera con el consiguiente impacto ambiental-. Al igual, habría que sumar los 120 kg de residuos de construcción que se producen en la fase de obra para edificar cada nuevo metro cuadrado construido.

Llegado a este punto es importante hacer referencia al ladrillo de obra, el cual es considerado como un material pétreo –materiales inorgánicos, naturales o fabricados por el hombre, que se derivan de la roca o poseen una calidad similar a esta-, que por sus dimensiones y condiciones físicas, ha resultado ser un material muy utilizado en la construcción de casas, edificios, locales, bodegas, entre otros, y que tiene gran aceptación en todos los países. No obstante, la forma de producción de este ladrillo, causa un impacto negativo al ambiente; ya que su confección implica no sólo la extracción de la capa de tierra superficial vegetal, sino también la fase de horneado del producto, para que adquiriera las propiedades adecuadas de resistencia, comprensión y dureza⁶¹.

En la fase de cocido del ladrillo es imprescindible que los hornos utilicen como combustible productos como leña, carbón, llantas, madera, acumuladores, plásticos o textiles, entre otros, que al ser incinerados emiten una gran cantidad de gases a la atmósfera y material particulado (PM₁₀, PM_{2,5}). Todo esto se traduce en desertificación del suelo, contaminación atmosférica (por el humo y gases generados) y tala de árboles para la obtención de la leña necesaria para el

⁶¹ Instituto de Seguros Sociales, 1998

funcionamiento del horno; en consecuencia genera alteración en la dinámica de los ecosistemas existentes.

Como corolario de lo anterior, en concordancia con lo expresado por el MinAmbiente-Colombia (2011), se puede decir que es una necesidad perentoria que en materia de construcción se realicen esfuerzos, para disminuir el impacto que en el medio ambiente se produce de la extracción y manufactura de las materias primas necesarias para la elaboración de los materiales; de manera de llegar a parámetros de impacto ambiental más sostenibles.

7.2. LA PROBLEMÁTICA DEL PLÁSTICO COMO RESIDUO

Como se presenta en la Figura 19, la producción de plástico ha venido aumentando con el transcurrir del tiempo, pasando de 204 millones de toneladas en el año de 2002 a 335 millones de toneladas para el 2016⁶². Este fenómeno es consecuencia del amplio uso de los plásticos en muchos procesos y actividades de la vida cotidiana; especialmente en la industria alimenticia se utiliza para conservación y almacenamiento de alimentos. Algunas características y propiedades de los plásticos se describen a continuación^{63,64}:

- Facilidad con que pueden ser trabajados o moldeados.
- Actúan como barrera para los gases, como el CO₂, humedad y el O₂.

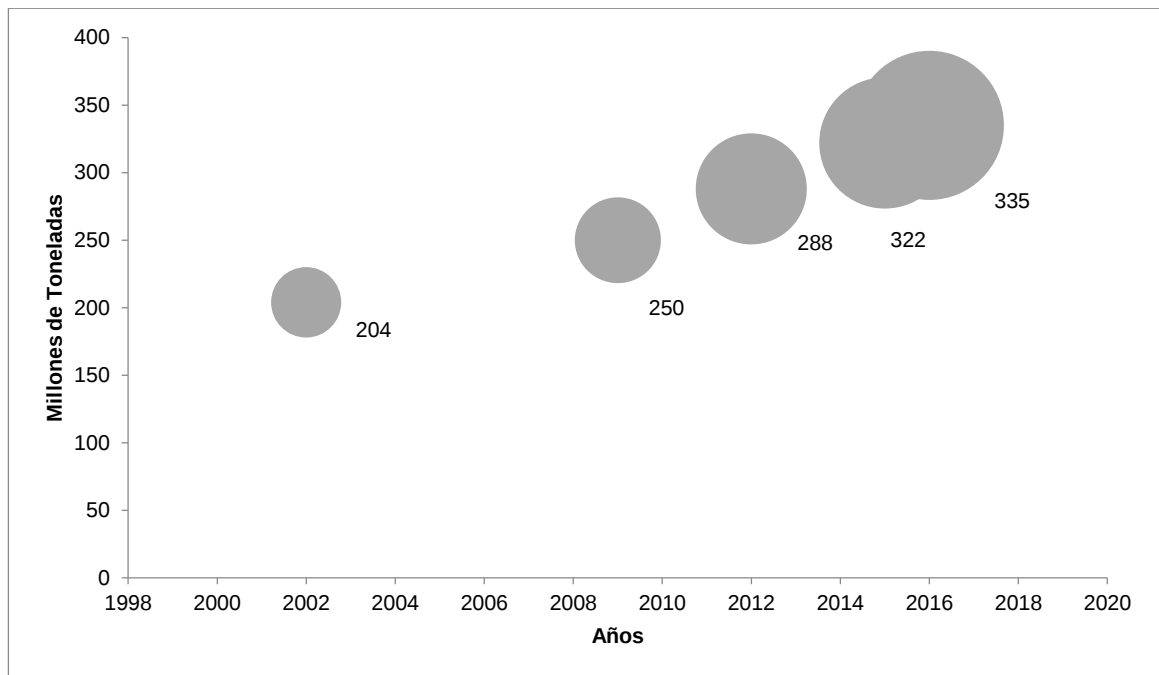
⁶² Plasticseurope, 2015, 2017

⁶³ Espin, 2007

⁶⁴ Martínez y Cote, 2014

- Son transparentes y cristalinos, aunque admiten algunos colorantes, irrompibles, livianos (de baja densidad).
- Resisten esfuerzos permanentes y desgaste, ya que presentan alta rigidez y dureza.
- Tienen baja conductividad eléctrica.
- Resisten corrosión y la intemperie, así como a diversos factores químicos y biológicos.
- De bajo costo de fabricación.

Figura 19. Producción de Plástico a Nivel Mundial



Fuente: Con datos tomados de Plasticseurope, 2015; 2017

Dos tipos de plásticos son muy utilizados: el Tereftalato de Polietileno (PET por sus siglas en inglés) y el Polietileno de Alta Densidad (PE-AD)⁶⁵. El primero actúa en la fabricación de botellas de gaseosas, agua, aceite y vinos; envases farmacéuticos; tejas; películas para el empaque de alimentos; cuerdas, cintas de grabación; alfombras; zuncho; rafia; fibras. Mientras que el PE-AD se utiliza en tuberías; embalajes y láminas industriales; tanques, bidones, canastas o cubetas para leche, cerveza, refrescos, transporte de frutas; botellas; recubrimiento de cables; contenedores para transporte; vajillas plásticas; letrinas; cuñetes para pintura; bañeras; cerramientos; juguetes; barreras viales; conos de señalización.

En Colombia, de acuerdo al MinAmbienteColombia (2004), la industria del plástico se ha caracterizado por ser, en condiciones normales, la actividad manufacturera más dinámica desde los años setenta del siglo pasado, con un promedio de crecimiento anual del 7%. Esta institución, citando fuentes estadísticas, reporta que para el año 2000 la actividad transformadora de materias plásticas registró un valor de producción de 2 225 millardos de pesos –unos 1 061 millones de dólares- y un valor agregado de 1 073 millardos de pesos -514 millones de dólares- con una contribución al total industrial nacional del 4% en ambas variables.

Sin embargo, toda esa dinámica del mercado del plástico, a nivel internacional y nacional, consecuentemente trae consigo la acumulación de desechos; precisamente por la resistencia de este material a la corrosión, la intemperie y la degradación por microorganismos (biodegradación)⁶⁶. Al respecto, Martínez y Cote (2014) apuntan que el plástico tarda en descomponerse no menos de 100 años – hasta 500 años-, lo cual produce un alto nivel de contaminación. Esto se ve agravado en el caso de Latinoamérica y el Caribe, donde la generación de residuos urbanos *per cápita* es creciente, y la infraestructura para su gestión,

⁶⁵ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004

⁶⁶ Ibidem Espin, p. 3

aprovechamiento y disposición final adecuada va a la saga respecto al patrón de consumo⁶⁷.

En el caso particular de Colombia, la Figura 2 indica cómo se incrementó la generación de residuos de su industria manufacturera de plástico. Los datos ilustran el hecho de que si bien la variación 2012/2011 fue de 12,2%, en el período 2013/2012 aumentó a 19%. La disposición final de los residuos plásticos tiene un impacto ambiental en la medida en que estos son eliminados en botaderos a cielo abierto, siendo esta una práctica que predomina en la mayoría de los municipios de este país⁶⁸.

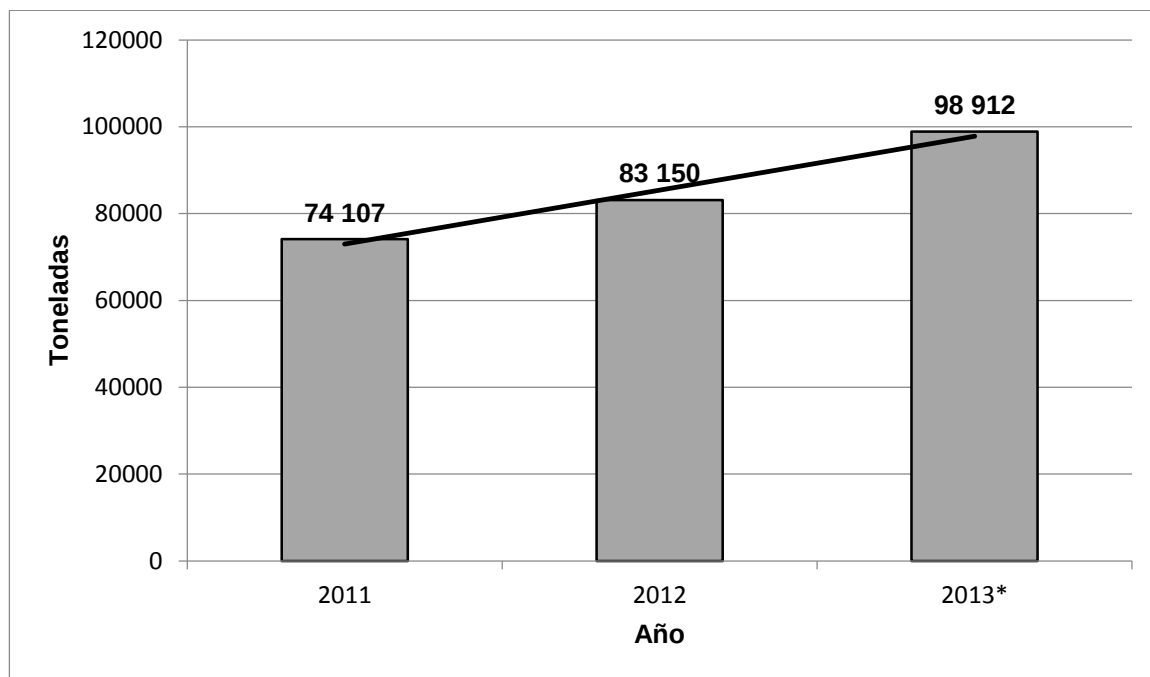
Se cree que el 40% de los océanos del mundo se ven afectados por la contaminación con plástico y la basura que se genera, impactando negativamente la diversidad biológica; puesto que millones de especies ingieren estos residuos o se enredan en ellos, causándoles no sólo la muerte, sino que además evita su reproducción⁶⁹. Las naciones Unidas calculan que los “océanos contienen cerca de 200 000 especies identificadas, pero las cifras reales pueden ser del orden de millones”. Un caso reciente, reportado por la Agencia F y Redacción Medio Ambiente (2018) fue la ingestión de ochenta bolsas de plástico –equivalentes a ocho kilos- por una ballena piloto que murió en el sur de Tailandia “tras vómitos y convulsiones”.

⁶⁷ Ibidem CEPAL, p. 1

⁶⁸ Ibidem MinAmb-Colombia, p. 4

⁶⁹ Fundación para la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico (FIDECIT), 2017

Figura 20. Generación de Residuos de la Industria Manufacturera de Plástico en Colombia (2011-2013/provisional)



Fuente: Con Datos del Departamento Administrativa Nacional de Estadística (DANE), 2015.

FIDECIT (2017) cita un estudio de 2010 donde se estima que entre 5 y 13 millones de toneladas métricas de plásticos terminan en el mar cada año. En el contexto colombiano, ya Sánchez y Uribe (1994) reportaban para principios de la última década del Siglo XX la contaminación con más de 1 500 millones de botellas de PET al año, que llegaban a ríos, playas y campos o, en el mejor de los casos, a rellenos sanitarios; lo cual era atribuido en 2004, por el MinAmbiente-Colombia a la falta de aplicación de tecnologías alternativas para el tratamiento, aprovechamiento y disposición final de los residuos.

7.3. RECICLAJE DE PLÁSTICO Y SU UTILIZACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LADRILLO DE CONSTRUCCIÓN



(fuente <http://19bis.com/objectbis/2008/11/05/arquitectura-ecologica/construccion-con-materiales-reciclad0s/>)

El sector de la construcción es todavía poco consciente de los impactos ambientales que generan su actividad y los productos que fábrica, siendo que el objetivo ambiental debería ser disminuir el conjunto de impactos asociados a la extracción, fabricación y deposición de los materiales que componen las viviendas. En este sentido, la reutilización, el reprocesamiento o el reciclaje de materiales reduce sensiblemente la extracción de materia prima y los recursos

correspondientes para la generación de energía; también mantiene a los materiales y contaminantes lejos de los flujos de residuos⁷⁰.

En América Latina y el Caribe, en general la cultura de reciclaje de residuos sólidos municipales es limitada; así el promedio de reciclaje como porcentaje del total de los residuos sólidos urbanos que se producen es muy bajo en la región y dista considerablemente del promedio de los países miembros de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE)⁷¹, que en 2013 era del 34%. Por este motivo, las políticas de formalización de recicladores, la aplicación de criterios de responsabilidad extendida del productor y la mejora de los sistemas de recolección, tratamiento y disposición final abren una multitud de oportunidades económicas con beneficios sociales y ambientales compartidas.

Vinculado a lo anterior, CEPAL (2018) explica que la cultura de reciclaje se encuentra dentro de los principios de Desarrollo Sustentable y que pueden ser un gran impulso en programas formales de reciclaje de residuos para Latinoamérica y el Caribe. Esta propuesta se basa en el hecho de que los “recicladores” son un grupo numerosos de ciudadanos que obtienen su sustento mediante la recolección, el transporte, la separación y la venta de materiales reciclables, como cartón, papel, vidrio, plástico y metal. Además de pertenecer a los sectores más pobres y vulnerables de la sociedad, también son agentes productivos cuyos ingresos sostienen no solo a sus familias, sino a las comunidades locales. “Su inclusión en sistemas formales, que deben potenciarse, contribuirá a compaginar objetivos sociales y ambientales”.

⁷⁰ Borsani, 2011

⁷¹ Ibidem CEPAL, p. 1

Por otra parte, aprovechar al máximo los residuos sólidos, en especial el plástico, logra reducir sustancialmente las grandes cantidades que se disponen en rellenos sanitarios u otros ambientes, terrestres y marinos⁷², lo que aumenta la vida útil de los rellenos sanitarios, al reducir la cantidad de residuos a disponer finalmente en forma adecuada, y disminuye los impactos ambientales, tanto por demanda y uso de materias primas como por los procesos de disposición final.

7.3.1. Uso del Plástico en la Construcción de Viviendas. Bloques Blickarp

Independientemente del punto de vista adoptado, el sector de la construcción deberá incorporar nuevos conceptos, tales como: escoger materiales que, aparte de cumplir con los requerimientos mecánicos de resistencia y estética, cumplan con condiciones ambientales aceptables y que sean materiales reciclables. Todo ello en la búsqueda de minimizar los impactos ambientales provocados por la construcción⁷³.

Según Borsani (2011), la utilización de materiales recuperados como el plástico, en la construcción de viviendas, constituye una estrategia importante para reducir el uso de recursos, y puede tener un gran impacto no sólo en la conservación de recursos, sino también en lo relacionado a la energía y la contaminación derivados de la producción de nuevos materiales. Dichos materiales, llamados por Iglesias (2012) ecomateriales, biomateriales o materiales sostenibles pueden disminuir los impactos negativos sobre el ambiente que tiene la construcción de hábitat. Entre las ventajas ambientales en el uso de este tipo de material se plantean:⁷⁴

⁷² Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017

⁷³ Ibidem Sarría y López, p. 2

⁷⁴ UN-HABITAT, 2012

- Solución a problemas habitacionales que requieran instalación inmediata, debido a desastres naturales o situaciones de emergencia.
- Beneficio ambiental del planeta en el reciclaje de desechos, la recuperación forestal y la disminución de la huella de carbono. Además, de acuerdo a Sarría y López (2012), la incorporación de residuos, como el plástico, en la producción de materiales puede reducir el consumo de energía utilizada durante el proceso de extracción, transporte y confección de la vivienda con materiales tradicionales.
- Disminuye la contaminación ocasionada por el uso de materiales tradicionales para construcción, cuya producción origina desechos tóxicos o peligrosos, tanto para la salud humana como para el entorno. Con relación a esto, FIDECIT (2017) acota que las casas confeccionadas con material plástico –ladrillos Blickarp- utilizan aproximadamente de 9 a 10 toneladas de plástico, 50% polietileno y 50% polipropileno. De la misma manera, se reporta⁷⁵ que por cada kilo de plástico que se usa, se evitan 39 litros de agua, 5 kilovatios de energía eléctrica y 1,5 kilos de CO₂ dispuestos.

Con el uso de plástico reciclado para la confección de materiales –bloques Blickarp- se invierte el concepto de uso de materiales tradicionales (ladrillo común de tierra cocido para la construcción de viviendas), muy arraigo en la sociedad latinoamericana, por materiales plásticos no tradicionales (plásticos reciclados).^{76,77}

Los desafíos para el sector de la construcción son diversos. Consisten en la reducción y optimización del consumo de materiales y energía, en la reducción de

⁷⁵ Egresados, 2016

⁷⁶ Berreta, Argüello, Gatani y Gaggio, 2008

⁷⁷ Ibidem Martínez y Cote, p. 3

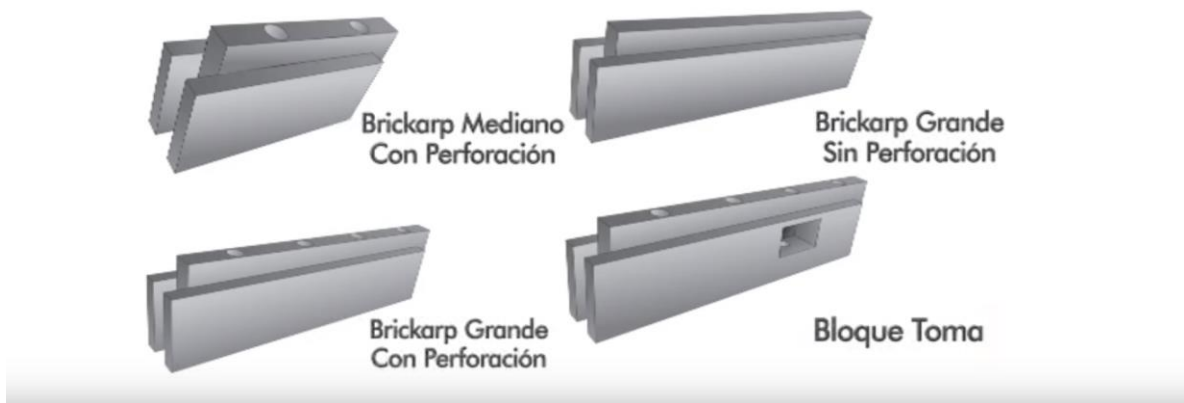
los residuos generados, en la preservación del ambiente natural y en la mejoría de la calidad del ambiente construido.

7.3.2. Proceso de fabricación Bloque Brickarp o tipo lego

Se explica el proceso de fabricación del bloque brickarp o tipo lego utilizado para la fabricación de viviendas unifamiliares.

1. Se realiza una clasificación del material, allí una parte de la materia prima que requiere ajustarse pasa a realizarse el proceso de adecuación, donde el material puede ser lavado y/o molido y/o aglutinado dependiendo de sus características, el resto del material pasa directamente al área de mezcla.
2. Una vez realizado el proceso de adecuación la materia prima se mezcla mezclando porcentualmente los diferentes tipos de plástico de tal manera que se fabriquen bloques óptimos para la construcción.
3. Se extrae el material ferroso para evitar inconvenientes durante la fabricación de los bloques.
4. Se ingresa la materia prima a la maquina extrusora en donde es fundida a diferentes temperaturas dependiendo del molde e inyectada en el mismo, en el llenado del molde se debe aclarar que para la producción de casas de plástico se deben fabricar diferentes tipos de bloques entre los que están, brickarp mediano con perforación, brickarp grande con perforación, brickarp grande sin perforación, bloque toma, viga, vigueta, jamba 1, jamba 2, universal, universal reforzada con hierro y tabla.

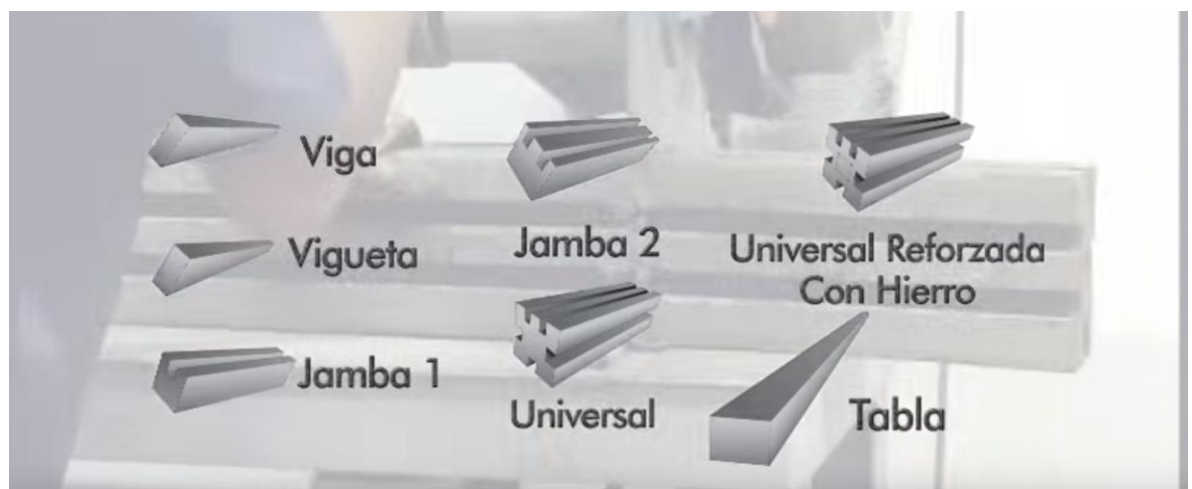
5. El material sobrante durante el llenado del molde pasa a reutilizarse en el proceso de clasificación, una vez llenado el molde se introduce en la piscina para que el material se enfríe entre 15 y 25 minutos dependiendo del molde.
6. En el proceso de desmolde se realiza la extracción del molde, aquí se diferencian aquellos moldes que utilizan pines y los que no, ya que los pines son accesorios del molde que generan perforaciones en el bloque y deben retirarse antes de sacar el bloque del molde, también el material sobrante durante el desmante, pasa a reutilizarse en el proceso de clasificación.
7. En la segunda etapa del proceso de enfriamiento los bloques se dejan reposar como mínimo 24 horas para evitar modificaciones en su estructura
8. En la zona de corte una de las opciones es fijar el bloque en el modelo de la cierra y cortar, esto aplica para los bloques ; brickarp mediano con perforación, brickarp grande con perforación, brickarp grande sin perforación, bloque toma.



Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=FNWk2PSIk6g>

- La segunda opción para los bloques más grandes es medir, marcar y cortar, esto aplica para viga, vigueta, jamba 1, jamba 2, universal, universal reforzada con hierro, tabla.

El material sobrante del área de corte pasa a reutilizarse en el proceso de clasificación.



Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=FNWk2PSIk6g>

10. Una vez cortados los bloques pasan a control de calidad donde son medidos y evaluados estructuralmente de tal manera que se puedan separar entre los que son útiles para la producción de una casa y los que no, el material sobrante del control de calidad pasa a reutilizarse en el proceso de clasificación.
11. Para el embalaje se toman los que son acorde a los estándares de calidad, primero se forman muros, luego se pesan y se lleva un registro del peso, por último se ubican sobre las estivas, uno seguido de otro y una vez completada la estiva se envuelve, El almacenamiento se realiza situando una estiva sobre otra.



Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=FNWk2PSIk6g>

8. CONCLUSIONES

En consideración a los objetivos planteados al comienzo de la investigación, se concluye lo siguiente:

Los ensayos llevados a cabo con materiales para la construcción de viviendas o estructuras de habitabilidad temporal o permanente con base en el plástico reciclado, indican que los bloques elaborados son estables, con características y funcionalidades semejantes a aquellos confeccionados con agregados pétreos; no obstante, se recomienda el uso de perfiles de acero para confinar dichos elementos plásticos, con el fin de evitar que la aplicación de cargas se separen.

Esta investigación y proyecto realizado por las empresas patentes de este producto brickarp, tiene como base principal poder resolver y justificar que con un producto se pueden resolver o mitigar dos problemas importantes, el problema ambiental el cual es la disposición inadecuada de los plásticos y por otro lado el problema social de déficit habitacional, especialmente en Colombia donde el déficit es más alto comparado con otros países de Latinoamérica. Dicho esto y centrándose en el tema de la ingeniería, la industria de la construcción es uno de los sectores que más contribuye con el agotamiento y deterioro de los recursos naturales, tales como contaminación edáfica, hídrica y atmosférica, generación de desechos sólidos, desperdicios tóxicos y calentamiento global. Todo ello produce un importante impacto en el ambiente, junto a la gran cantidad creciente de desechos plásticos que también se produce a nivel mundial, en Latinoamérica y, particularmente, en Colombia. En consonancia con ambas situaciones, la cultura de reciclaje del plástico y su uso para la confección de elementos destinados a la construcción, se vislumbra como una solución viable a las problemáticas planteadas.

9. BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA F y REDACCIÓN MEDIO AMBIENTE. Muere una ballena por la ingesta de 80 bolsas de plástico. En: El Espectador (España): martes 05 de junio. {En línea}. 2018. Disponible: <https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/muere-una-ballena-por-la-ingesta-de-80-bolsas-de-plastico-articulo-792299>

AGRICULTURAYEMPRESA. Casas con ladrillos de plástico reciclado en Colombia. {En línea}. 2018. {27 de mayo de 2018}. Disponible en: <https://www.arquitecturayempresa.es/noticia/casas-con-ladrillos-de-plastico-reciclado-en-colombia>

AGUIRRE VILLACÍS, Diego. Tesis: El plástico reciclado como elemento constructor de la vivienda. Arquitectura reciclable. Estudios y ensayos de laboratorio del plástico como elemento constructor. Diseño de vivienda unifamiliar. Cuenca, 2013. 129 p. Trabajo de Investigación (Arquitecto). Universidad De Cuenca. Facultad de Arquitectura y Urbanismo (Fauc).

ALLENDE, Fernando. Arquitectura sustentable. {En línea}. 2016. {25 de junio de 2018}. Disponible en: <https://www.allendearquitectura.com/2016/12/07/arquitectura-sustentable/>

ARGÜELLO RUEDA, Fabio. y CASTELLANOS SALAZAR, Mario. Prototipo de vivienda de bajos recursos con material reciclado (modelación SAP, caracterización de los materiales, animación virtual). Bogotá, 2015. 45 p. Universidad Católica de Colombia. Facultad de Ingeniería.

ARQUITECTURA. Aluminio como material de construcción. {En línea}. sf. {25 de junio de 2018}. Disponible en: <http://arquicity.com/aluminio-como-material-de-construccion.html>.

BERRETA, H.; ARGÜELLO, R.; GATANI, M. y GAGGIO, R. Nueva tecnología constructiva con plástico reciclado. Ciencia. Vol. 3, No 7 (2008); p. 109-123

BERRETA, Horacio; ARGÜELLO, Ricardo; GATANI, Mariana. y GAGGIO, Rosana. Nueva tecnología constructiva con plástico reciclado. Ciencia. Vol. 3, No 7 (2008); p. 109-123

BLACK ARBELÁEZ, Thomas. Análisis económico y ambiental de las contribuciones previstas determinadas a nivel nacional presentadas en América Latina y el Caribe: Posibles impactos en las metas planteadas. Estudios Climáticos en América Latina. Santiago: Naciones Unidas-CEPAL, 2018. 48 p.

BORSANI, M. Materiales ecológicos: estrategias, alcance y aplicación de materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles. {En línea}. 2011. {04 de junio de 2018}. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.../Borsani,%20María%20Silvia.pdf>

CASTILLEJOS CUEVAS, Carla; CHIÑAS BLAS, Bianni. y LÓPEZ VELÁSQUEZ, Binisa. Construcción de casas-habitación con material PET. Oaxaca, 2014. Universidad Autónoma de México. Área de Conocimiento: Ciencias Biológicas, Químicas y de la Salud.

CASTILLO, Mercedes. Anotaciones sobre el problema de la vivienda en Colombia. Bitácora. Vol. 8, No 1 (2004); p. 15-21

CLAVIJO, Sergio; JANNA, Michel y MUÑOZ, Santiago. La vivienda en Colombia: sus determinantes socioeconómicos y financieros. Desarrollo y Sociedad. No 55 (2005); p. 101-165

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe. 2017. Naciones Unidas-CEPAL. 133 p.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). Plan de Acción regional para la implementación de la Nueva Agenda Urbana en América Latina y el Caribe 2016-2036. CEPAL. 2018.

COMISIÓN ECONÓMICA PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (CEPAL). Segundo informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe. Foro de los Países de América Latina y el Caribe sobre el Desarrollo Sostenible. Santiago 18 a 20 de abril de 2018. 183 p.

CONCEPTOS PLÁSTICOS. Blog en Línea. Disponible en <https://conceptosplasticos.com/portfolio-view/empaques-multicapa/>

CONCEPTOS PLÁSTICOS. Sistema constructivo alternativo. {En línea}. 2012. {26 de junio de 2018}. Disponible en: <http://conceptosplasticos.com/portfolio-view/sistema-constructivo-alternativo/>

CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE COLOMBIA. Gaceta Constitucional número 114 del jueves 4 de julio de 1991

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Cuenta de residuos 2005-2013 provicional. Oferta y utilización de residuos sólidos Industria Manufacturera y Hogares (piloto). Boletín Técnico. Bogotá. DANE, 2015.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE). Índice de Costos de la Construcción de Vivienda (ICCV). Abril 2018. {En línea}. 2018. {27 de mayo de 2018}. Disponible en: www.dane.gov.co/index.../4617-indice-de-costos-de-la-construccion-de-vivienda-iccv...

DI MARCO MORALES, Raúl y LEÓN TÉLLEZ, Hugo. Ladrillos con adición de PET. Una solución amigable para los núcleos rurales del municipio del Socorro. Bogotá, 14, 15 y 16 de septiembre 2017. 5to Simposio Internacional de Investigación en Ciencias Económicas Administrativas y Contables – Sociedad y Desarrollo y 1er Encuentro Internacional de estudiantes de Ciencias Económicas, Administrativas y Contables.

EGRESADOS. Javeriano crea casas con plástico reciclado. {En línea}. 2016. {25 de mayo de 2018}. Disponible en: www.javeriana.edu.co/documents/.../16.../cc7f8e12-282d-4e1f-be1f-ad5e8f7e8878

EGRESADOS. Javeriano crea casas con plástico reciclado. {En línea}. 2016. {25 de mayo de 2018}. Disponible en: www.javeriana.edu.co/documents/.../16.../cc7f8e12-282d-4e1f-be1f-ad5e8f7e8878

EL DÍA. Aluminio: el material del futuro. {En línea}. 18 de Octubre de 2015. {25 de junio de 2018}. Disponible en: <https://www.eldia.com/nota/2015-10-18-aluminio-el-material-del-futuro>.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO. Identificación de plásticos. Protocolo Curso de Materiales. Edición 2008-1. Facultad de Ingeniería Industrial Laboratorio de Producción. 2008.

ESPIN, G. Plásticos y contaminación ambiental. {En línea}. 2007. {04 de junio de 2018}. Disponible en: <http://acmor.org.mx/descargas/24sep07.pdf>

FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DESARROLLO TECNOLÓGICO. Brickarp. {En línea}. Fecha. {27 de mayo de 2018}. Disponible en <http://ficidadet.org/brickarp/>

FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO – FICIDET. Disponible en <http://www.ficidadet.com/brickarp/>.

FUNDACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y EL DESARROLLO TECNOLÓGICO (FIDECIT). El plástico, considerado un problema ambiental. {En línea}. 2017. {01 de junio de 2018}. Disponible en: <http://ficidadet.org/tag/brickarp-jesus-hermes-bolanos-cruz/>

GARZÓN AMAYA, Julián y MONTAÑO BALLESTEROS, Andrés. Propuesta de un material para la construcción a partir de cemento y el reciclaje de PET. Zipaquira, 2014. 59 p. Trabajo de Investigación (Ingeniería Civil). Universidad Minuto de Dios.

GUERRA CEVALLOS, Daniel. Elaboración de un manual del proceso constructivo de una vivienda con bloques de plástico reciclado para las personas damnificadas a causa de un desastre natural y que pueda ser construida por los mismos habitantes. Ecuador, 2017. 92 p. Trabajo de Investigación (Tecnología en Construcción y Domótica). Universidad de las Américas.

HERNÁNDEZ GUTIÉRREZ, Aracelia.; RODRÍGUEZ, TOMÉ, Maribel y CORDERO FERNÁNDEZ, Dolores. Influencia de la permeabilidad del envase en la calidad del azúcar. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Vol. 48, N° 3 (2014); p. 22-25.

IGLESIAS GARCÍA, V. La tecnología como expresión de la relación de las sociedades con su entorno. Arcus. Año 2, No 2 (Diciembre 2012); p. 6-18.

INSTITUTO DE SEGUROS SOCIALES. La extracción de la arcilla, la fabricación de ladrillos y vitrificados y la salud de los trabajadores. Colombia: Editorial ISS, Fundación Ecológica Bacata, 1998, pp.1-27.

MAINI, J. Desarrollo sostenible de los bosques. Unasyuva. Vol. 58 (1990); p. 46-49

MARTINEZ AMARIZ, A. y COTE JIMÉNEZ, L. Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET. 2014. INGE CUC. Vol. 10, N° 2; p. 76-80

MEDINA, E. Colombianos crean casas con ladrillos de plástico reciclado. {En línea}. 2016. {27 de mayo de 2018}. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16488356>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Sector Plásticos. Principales procesos básicos de transformación de la industria plástica y manejo, aprovechamiento y disposición de residuos plásticos post-consumo. Bogotá. 2004.

MINISTERIO DEL AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Los materiales en la construcción de viviendas de interés social. Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2011.

MINISTERIO DEL AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Los materiales en la construcción de viviendas de interés social. Ministerio del Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2011.

NACIONES UNIDAS. Declaración Universal de los Derechos Humanos. Naciones Unidas. 2015.

NACIONES UNIDAS-CEPAL. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Agenda 2030 y los objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe. Resolución 70/1 Asamblea General. 2016.

PACHÓN BEJARANO, Yosep. Plan de negocios para una empresa recicladora de plástico PET, en la Ciudad de Bogotá D.C. Bogotá, 2007. 180 p. Trabajo de Investigación (Administrador de Empresas). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas.

PLASTICSEUROPE. Plastics-the Facts 2014/2015. An analysis of European plastics production, demand and waste data. {En línea}. 2015. {04 de junio de 2018}. Disponible en: https://www.plasticseurope.org/application/files/5515/1689/9220/2014plastics_the_facts_PubFeb2015.pdf

PLASTICSEUROPE. Plastics-the Facts 2017. An analysis of European plastics production, demand and waste data. {En línea}. 2017. {04 de junio de 2018}. Disponible en: https://www.plasticseurope.org/application/files/5715/1717/4180/Plastics_the_facts_2017_FINAL_for_website_one_page.pdf

Portafolio. Precio de vivienda prioritaria sube en 7 departamentos. {En línea}. 2012. {25 de mayo de 2018}. Disponible en: <http://www.portafolio.co/economia/finanzas/precio-vivienda-prioritaria-suben-departamentos-97078>

Quiminet.com El polietileno de baja y alta densidad. Disponible en <https://www.quiminet.com/articulos/el-polietileno-de-baja-y-alta-densidad-17529.htm>

SALAZAR, Edgar; ARROYAVE, Juan y MORENO, Ivan. Desarrollo de vivienda ecosostenible para sectores vulnerables. Ingeniería y Competitividad. Vol. 16, No 1 (2014); p. 235-245

SÁNCHEZ TRIANA, E. y URIBE, BOTERO, E. Contaminación Industrial en Colombia. {En línea}. 1994. {25 de mayo de 2018}. Disponible en: http://cedir-catalogo.gestiondelriesgo.gov.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber= 7280&query_desc=au%3AUribe%20Botero%2C%20Eduardo

SARRIA COLLAZOS, J. y LÓPEZ PALECHOR, E. Desarrollo sustentable & construcción sustentable. Arcus. Año 2, No 2 (Diciembre 2012); p. 19-26

SERRANO, Carlos. Empaques activos y empaques inteligentes. {En línea}. 2005. {24 de junio de 2018}. Disponible en: <http://www.plastico.com/temas/Empaques-activos-y-empaques-inteligentes+3036011>

SERRANO, Carlos. Empaques flexibles multicapa y de alta barrera. {En línea}. 2009. {24 de junio de 2018}. Disponible en: <http://www.elempaque.com/temas/Empaques-flexibles-multicapa-y-de-alta-barrera+5070376>

SIERRA JIMÉNEZ, Jorge. Usos y aplicaciones del plástico PEAD reciclado en la fabricación de elementos estructurales para construcción de vivienda en Colombia. Bogotá, 2016, 430 p. Trabajo de Investigación (magister en ingeniería civil). Escuela Colombiana de Ingeniería Civil Julio Garavito.

SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS (Superservicios). Informe Nacional de aprovechamiento. Informe Nacional 2016. Bogotá. Departamento Nacional de Planeación, 2017

TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS. 2011b. Disponible en <http://tecnologia.delosplasticos.blogspot.com.co/2011/05/pet.html>

TECNOLOGÍA DE LOS PLÁSTICOS. Poliestireno. {En línea}. 2011a. {24 de junio de 2018}. Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/poliestireno.html>.

TORRES, Jorge. Desarrollo social: la pobreza urbana y las condiciones de vivienda. {En línea}. sf. {27 de mayo de 2018}. Disponible en: www.cenac.org.co/.../LA_POBREZA_URBANA_Y_LAS_CONDICIONES_DE_VIVI...

UN-HABITAT. Premio Internacional de Dubai a las Buenas Prácticas para Mejorar las Condiciones de Vida. Municipalidad de Dubai. {En línea}. 2012. {24 de mayo de 2018}. Disponible en: habitat.aq.upm.es/dubai/12/bp4433.pdf

ZAVALA ARTEAGA, Gillermo. Diseño experimental de materiales modulares de construcción utilizando plásticos reciclado como agregado. Revista Tecnológica, Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Vol. 6, N° 6 (2015); p. 25-29.