



Ecobloque estructural para vivienda de interés rural: Un aporte para las comunidades del Alto Magdalena-Colombia

Structural ecobloque for rural housing: A contribution for communities of the Alto Magdalena-Colombia

Msc. Ancizar Barragan Alturo

Tutor del Semillero SENTRAM
Semillero SENTRAM
Universidad Piloto de Colombia
Seccional Alto Magdalena
g-abarragan@unipiloto.edu.co

Nixon Guillermo Duran Siachoque

Semillero SENTRAM
Universidad Piloto de Colombia
Seccional Alto Magdalena
nixondurans@gmail.com

Karen Alexandra Figueroa Gonzalez

Semillero SENTRAM
Universidad Piloto de Colombia
Seccional Alto Magdalena
guatakaren@hotmail.com

Maria Ximena Robayo Novoa

Semillero SENTRAM
Universidad Piloto de Colombia
Seccional Alto Magdalena
xime.robbyn18@gmail.com

(Recibido el 01-12-16. Aprobado el 15-03-2017)

Estilo de Citación de Artículo:

A. Barragán, K. Figueroa, N. Duran, M Robayo, "Ecobloque estructural para vivienda de interés rural: Un aporte para las comunidades del Alto Magdalena-Colombia", *Lámpsakos*, no. 17, pp 29- 39, 2017
DOI: <http://dx.doi.org/10.21501/21454086.2214>

Resumen

El objetivo del presente proyecto de investigación de ingeniería civil, fue el diseño de un bloque elaborado en concreto con un nuevo componente del entorno: las botellas de polietileno tereftalato, (más conocido por sus siglas en inglés PET *polyethylene terephthalate*). Dicho material perjudica el medio ambiente, por eso se reutilizan y se ligan con materiales de la industria de la construcción, dando como resultado un bloque que puede ser utilizado en mampostería no estructural, con proyección en la mampostería estructural; así mismo, esta investigación analizó cómo reducir los costos que causa un bloque convencional a la hora de ser elaborado, a través de la comparación con un ecobloque confeccionado con botellas PET: material reutilizado de los residuos que el ser humano genera a diario. Otro objetivo de esta investigación consistió en darle un enfoque hacia la construcción de viviendas de interés

social, con el fin beneficiar a las comunidades de escasos recursos que habitan en las zonas rurales de la provincia del Alto Magdalena– Colombia. El propósito del proyecto siempre estuvo enmarcado en el desarrollo sostenible, es decir, en el manejo eficiente de los recursos a través del reciclaje y la reutilización de materiales de desecho, que propicien la restauración del entorno y, por ende, el acceso a una mejor calidad de vida.

Palabras claves: Estructural, reutilización, Botellas PET, ambiental, económico.

Abstract

The objective of the present research project of civil engineering was a block design developed specifically with a new component of the environment: the polietileno tereftalato bottles, (Better known by its

initials in English PET). This material harms the environment, why are they reused and are linked with the industry of construction materials, resulting in a block that can be used in non-structural masonry, with projection in the structural masonry; Likewise, this research looked at how to reduce the costs caused by a block of conventional when it comes to be elaborated through comparison with an ecobloque made with PET bottles: reused material from waste generated by human beings on a daily basis. Another objective of this research consisted in giving a focus on the construction of social interest housing, in order to benefit the communities of poor who live in rural areas of the province of the Alto Magdalena-Colombia. The purpose of the project was always framed in the sustainable development, i.e., in the efficient management of resources through recycling and reuse of waste materials, which lead to the restoration of the environment and, thus, access to a better quality of life.

Keywords: Structural, Reuse, PET bottles, Environmental, Economic.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, tanto los países desarrollados como en vía de desarrollo se encuentran ante una gran problemática, la contaminación del medio ambiente. Situación que, desde el punto de vista ambiental, ha generado por décadas desequilibrio en el planeta y por ende en nuestro país, debido a que el ser humano arroja materiales no biodegradables como botellas PET, plásticos, bolsas y empaquetados, entre otros, ocasionando un sinnúmero de dificultades. Además, desde una óptica social, las comunidades más vulnerables de las diferentes regiones de Colombia, se han enfrentado a problemas de desplazamiento y falta de oportunidades.

Dicha realidad propició una reflexión en torno de la urgencia de sensibilizar a la población respecto a la importancia de tomar conciencia acerca del uso que se debe hacer de los recursos renovables y de los reutilizables como el plástico. Además, la situación en el campo de la economía informal, que hoy por hoy está afectando al país, se constituye como un vector de violencia, y falta de oportunidades que no permiten satisfacer las necesidades básicas de la vida diaria.

Así mismo, en el campo de la construcción se evidencia un exceso en el costo de los materiales utilizados en el campo de la construcción; incrementando así, un amplio espectro de necesidades en las comunidades, que van cerrando las oportunidades y por tanto las expectativas de jóvenes y adultos, con respecto a su vida futura. Dicha realidad

marginada a las comunidades y no les permite el acceso a una vivienda digna; por el contrario, los obliga a optar por una vivienda informal, que los vuelve vulnerables frente a los fenómenos climáticos como las lluvias torrenciales, las avalanchas, las inundaciones, además porque “la construcción de vivienda es responsable del 30% del impacto ambiental negativo del planeta”. (Acevedo, Vásquez, y Ramírez, 2012)

Así mismo, Acevedo, et al consideran que “La construcción, además de ser indispensable para el desarrollo de la sociedad, es también uno de los principales responsables de la generación de residuos, contaminación, transformación del entorno y uso considerable de energía. Estas razones no le permiten ser indiferente a la actual problemática ambiental”. (Acevedo, et al., 2012, párr. 1)

Lo anterior nos obliga, en términos de sostenibilidad, a pensar en una construcción más limpia; de tal forma que mejore el entorno de las futuras generaciones. “La producción más limpia y la construcción sostenible son dos conceptos que difícilmente son aplicados en las diferentes industrias del país. Estos dos conceptos impulsan de forma significativa el desarrollo sostenible, tal como lo mencionan en el informe de Brundtland en 1987, como un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para atender sus propias necesidades”. (Varón, Sierra y Bedoya, 2011)

Así, una mirada al campo internacional, sobre la problemática ambiental y económica, ubica algunos proyectos que, a nivel mundial, se han desarrollado para dar solución a los problemas de contaminación que ocasiona la gran cantidad de materiales no biodegradables tirados como basura al entorno. Tal es el caso de “las novedades para la industria del mueble y la madera, con las que 13 empresas brasileñas buscan cautivar el mercado nacional, con innovaciones que han tomado la reutilización como bandera. (Varón, et al., 2011)

Estas experiencias motivadoras que promueven el cuidado del medio ambiente y que cumplen con los objetivos para un desarrollo sostenible; inspiraron el presente proyecto: Soluciones de vivienda ecosostenible de interés rural con ecobloques pet, para mampostería estructural en el Alto Magdalena-Colombia.

Este proyecto fue fruto del trabajo de un semillero de investigación denominado SENTRAM, en la Universidad Piloto de Colombia-Seccional del Alto Magdalena; que propende por ligar botellas PET a la mezcla de concreto que se utiliza para confeccionar los

ecobloque, usando distintos materiales como enlace entre la mezcla y las botellas. Esta es la esencia de la unidad estructural de este ejercicio investigativo, creado con materiales bioconstructivos.

En una primera aproximación a la solución de la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las características de la mezcla de un ecobloque PET, que cumpla con las normas de mampostería estructural?, se diseñó un primer ensayo que involucró varias acciones: reciclar y reutilizar las botellas PET (politereftalato de etileno), adhiriéndolo a la mezcla de concreto con base en un encofrado de acero (malla para pollos). Para este ensayo se trabajó con creatividad y economía con el fin de que, en el campo de la ingeniería civil, se construyera de manera sostenible este primer producto.

Por otro lado, para la elaboración de este primer ecobloque se hizo el diseño siguiendo las normas de mampostería estructural y con el método empírico-analítico; con el objeto de recrear los resultados en el campo científico, tanto en el análisis de variables cualitativas como cuantitativas con pruebas de laboratorio.

Fundamentos teóricos

Son innumerables las ideas de investigación que suelen esbozarse en los programas de ingeniería civil, acerca de la generación de productos que persigan los objetivos del milenio, en cuanto al desarrollo sostenible. Entre ellos están los procesos para la construcción limpia que propenden por ciudades y comunidades sostenibles, con innovaciones que logren reducir la pobreza en Colombia y en América latina. Es el caso del proyecto ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para autoconstrucción, en el que se alcanzaron objetivos tecnológicos, de igualdad de género, ecológicos, sociales y económicos, “aplicando técnicas de reciclaje con procedimientos de elaboración que no son contaminantes del medio ambiente, por lo cual es una tecnología sustentable”. (Caggino, agosto, 2008)

Las experiencias que se han preocupado por el reciclaje de plásticos como el teraftalato de polietileno, y los empaques plásticos de las frituras; han comenzado a impactar la conciencia de las empresas de químicos, que promueven el diseño de ladrillos usando en su núcleo, estos recipientes macizos, considerados basura no biodegradable. Su población objetivo fueron los niños de las escuelas públicas y privadas que impulsaban dichos programas. En este orden de ideas, “El plástico recolectado, que es enviado a los tres centros de acopio de Agrequima, ubicados en Teculután, Zacapa; Los Aposentos, Chimaltenango, y Masagua, Escuintla, es triturado y se

entrega a la empresa Maderplast, la cual se encarga de reciclarlo y transformarlo en tablas, postes de servicio eléctrico, muebles, basureros y bancas”. (Gaggino, Arguello y Berretta, 2006)

En los afanes de la sociedad de consumo por desbordar su preocupación por comprar artículos de manera compulsiva y cuya obsolescencia es inmediata; trae como consecuencia la proliferación de cantidad de materiales de desecho, que son escudriñados por animales y personas que buscan obtener algún sustento. Simultáneamente contaminan el agua, el suelo y el aire, con millares de materiales que tardan entre 50 y 500 años por degradarse.

Situación contraria se da en otro grupo de personas que tratan de erradicar la pobreza extrema y mejorar la calidad de vida de los habitantes en las diferentes ciudades del país. En consecuencia, hoy en día existe un gran número de personas que opta por apostarle al desarrollo sostenible y ejecutar proyectos que, de una u otra forma, beneficien a los más necesitados. Así, la tecnología entra a jugar un papel de gran importancia, pues la gran mayoría de estos proyectos implementan sistemas innovadores, amables con el medio ambiente, que buscan mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Los creadores Fernando Llanos y Oscar Méndez lograron encontrarle utilidad al material reciclado, creando viviendas adaptables, hechas con ladrillos de plástico, que se pueden armar, sobre cualquier superficie, observando en el plástico reciclado una potencial solución para un nuevo modelo de vivienda digna y ecológica”. (Medina, enero, 2006)

Desde hace varios años se han desarrollado elementos para la construcción (bloques, adoquines, placas, cordones, entre otros) a los que, en reemplazo de sus agregados, se les ha adicionado materiales inertes (vidrio, cerámica, papel, caucho, PET, entre otros) que puedan darle una estructura interna al concreto sin perjudicar notablemente las propiedades del producto terminado. (ecoplacas.blogspot.com, 2013, febrero 14). Desafortunadamente muchos de estos materiales no responden a las necesidades de la construcción ecológica actual.

El campo de la construcción limpia es relativamente nuevo y de rápida expansión, por tanto es natural que el proyectista se enfrente con materiales y técnicas que no les son familiares. Razón por la que se hace necesario conocer a fondo todos los beneficios y técnicas que trae el material consigo. Es importante tener en cuenta que a los plásticos se les llama así generalmente por su textura, color, plasticidad, o por sus comportamientos frente al fuego, donde arden con facilidad, destruyendo el vínculo eléctrico de las

cadenas hidrocarbonadas etc. Por otro lado, sus beneficios son utilizados para innovaciones respecto a las edificaciones y materiales de construcción que los llevan a identificarse también como resistentes a cargas o maleables, reduciendo proporcionalmente las cantidades de residuos sólidos contaminantes generados por la humanidad. (Marroquín, febrero, 2009)

En Santafé de Bogotá, la empresa Conceptos plásticos se dedica a producir viviendas, pero no de ladrillo y cemento, sino de plástico. La planta queda cerca al embalse del Muña y emplea a 12 personas. Pueden armar 20 unidades al mes, pero gracias a varios premios internacionales, está poniendo a punto su infraestructura para llegar a las 50. Óscar Méndez, director de la compañía, cuenta que ésta nació en el año 2010 con la idea de ayudarle a varias empresas de plástico a reutilizar sus excedentes, vinculando a personas de zonas vulnerables de Bogotá. (portafolio.com, 2016, octubre, 03)

Después del análisis de las experiencias existentes en latinoamerica y Colombia sobre el manejo de los residuos no biodegradables, se hizo necesario reflexionar sobre las bases teóricas que respaldarían el proyecto. Un fundamento teorico imprescindible en la meta de esta investigacion fue la caracterización de las botellas PET, desde el conocimiento de la molécula hasta sus propiedades fisico-quimicas.

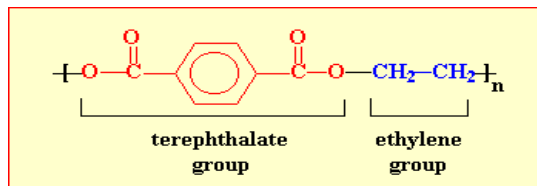


Figura 1 Molécula del Teraftalato de polietileno
Recuperado en: <http://www.eis.uva.es/~macromol/>

El teraftalato de polietileno es un polímero termoplástico que tiene una estructura inestable y cuyas cadenas hidrocarbonadas no estan ligadas por enlaces quimicos fuertes. (Ver figura 1) Al microscopio su composicion da la apariencia de un tejido de lana. En presencia de calor se descompone formando un estado viscoso con características de elasticidad. Sus propiedades lo ubican como un recipiente ideal en el envasamiento de liquidos para el uso industrial y para refrescos y gaseosas. Se podria enumerar multiples bondades de este material, que para el sector industrial son de altisima utilidad, como la dureza, la rigidez, altisima resistencia, indeformidad ante el calor, estabilidad frente al intemperie. Sus propiedades

fisicoquimicas quedan perfectamente definidas en la siguiente tabla.

Tabla 1 Propiedades fisicoquimicas del Teraftalato de polietileno

PROPIEDAD		VALOR
Coeficiente de Volumen de expansión	De 30 a 60°C	1.6*10-4 grados-1
	De 90 a 190°C	3.7*10-4 grados-1
Densidad específica a 25°C	Amorfo	1.335g/CC
	Cristal Orientado	1.390g/CC
Temperatura de transición vítrea (Tg)	Amorfo	67°C
	Cristalino	81°C
	Cristalino y Orientado	125°C
Punto de Derretimiento	PET Comercial	265°C
	PET Puro	271°C
Absorción de humedad (Inmersión en agua a 25°C durante una semana)		0.80%
Resistividad	A 25°C	1*10-4 ohmios*cm
	A 150°C	1*10-4 ohmios*cm
Conductividad Térmica		3.36*10-4 Cal(cm*s*°C)

Nota: Tomado de Barón W y Palacios J. 2001 en Ramírez, D.,

Recuperado en:

<http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/2169/2/139221.pdf>

La sociedad moderna en su afán por consumir, olvidó que la naturaleza le provee muchas de las materias primas necesarias para su desarrollo, pero que a su vez, estas se agotan. Así, “en el mundo actual, lamentablemente la gente vive sumergida en una cultura del envase, utilizamos más y más plástico el cual muchas veces termina en los océanos y contamina la vida marina. Para tener una idea, se estima que para el año 2050 tendremos más plástico que peces en el mar”. (ecocosas.com., 2016, septiembre, 2)

Otro de los fundamentos teóricos del producto de esta investigación, indudablemente fue el concreto, un ingrediente esencial. Este es un elemento fundamental para la construcción, además se produce mediante la mezcla de tres componentes esenciales: el cemento, los agregados pétreos y el agua. “Su función es la de resistir esfuerzos a compresión. A estos elementos básicos se le incorpora un cuarto componente denominado aditivo, que para esta investigación es una fibra. Esto con el fin de optimizar el nivel de seguridad en las construcciones, contribuir al desarrollo para el mejoramiento del concreto, bajando costos, brindando manejabilidad y resistencia”. (Mannise, 2016, septiembre, 2)

Otro componente de esta mezcla son los agregados pétreos: “En el sentido general de la palabra, los agregados, también llamados áridos, son aquellos materiales inertes, de forma granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento Portland en presencia de agua conforman un todo compacto (piedra artificial) conocido como concreto u hormigón”. (Sánchez, 2001, Cap. 4, p.65)

La mezcla de cemento, agregados pétreos, botellas PET, fibra sintética, dentro de un molde de madera para realizar un ecobloque; puede ser para la comunidad una buena solución a los problemas que aquejan a la sociedad, tal como lo asegura Gerardo Gran Scheu, en su proyecto sobre la transformación de PET en ladrillos, cuando afirma: "La verdad siempre había querido hacer un trabajo que tuviera valor agregado y que fuera un aporte para el desarrollo de la construcción en Chile. Fue así como me puse a investigar y leí un artículo en un medio de comunicación argentino que daba cuenta de ladrillos de plástico y de impacto en la construcción. Así que no lo pensé dos veces, me puse en contacto con las personas indicadas y aquí estoy, haciendo ladrillos en base a plástico triturado, agua y cemento". (lasegunda.com, 2012, agosto, 8)

El proceso de elaboración de los mampuestos es similar al de los bloques de mortero de cemento, reemplaza la arena gruesa por los plásticos triturados. “Los plásticos que se utilizan son: PET (polietileno - tereftalato), procedentes de envases descartables de bebidas (residuo post-consumo); PE (polietileno), BOPP (polipropileno biorientado) y PVC (cloruro - 910 - de polivinilo), estos últimos procedentes de envoltorios de alimentos (residuo de fábrica por problemas de espesor o entintado).” (ceve.org.ar/banner1.swf, 2011, septiembre, 1)

En el país existen diversos ejemplos de proyectos que dan testimonio de la preocupación por solucionar, al menos en parte, la gran problemática ambiental que aqueja al mundo. Prueba de esto, es el trabajo de Severiche J., quien afirma: “Venimos trabajando el Ecoladrillo hace un año. Debíamos hacer algo que impactara positivamente el medio ambiente y donde pudiéramos aplicar lo aprendido en el semestre. Creamos el Ecoladrillo para reducir el impacto ambiental producido por los desechos de plásticos”. (vanguardia.com, 2015, mayo, 14)

Metodología

Esta investigación surgió a partir de dos problemáticas que se presentan en la actualidad. La primera, con respecto a los desechos plásticos que el hombre genera a diario afectando de manera negativa al medio ambiente y la segunda, referente al incremento poblacional en las comunidades vulnerables con

escasos recursos económicos. Por otro lado, esta investigación se fundamentó y analizó teniendo en cuenta la teoría empírico-analítica a partir de la observación del área de aplicación, y la utilización de material científico, que determinaron cuantitativa y cualitativamente, las pruebas experimentales de laboratorio. Posteriormente se efectuaron una serie de estudios que facilitaron la recopilación de datos estadísticos, además se hizo un reconocimiento de los tipos de fallas que más se presentan en la construcción del ecobloque; situación que provocó un cambio en el diseño tanto a nivel estético como de la mezcla misma. Por esto, se dio mayor enfoque a la profundidad en la modificación de los diferentes tipos de materiales que se emplearon para un óptimo diseño de mezcla; pasando de un ladrillo no estructural a uno de mampostería estructural.

El desarrollo de esta investigación tuvo como objetivo el diseño de una mezcla para un ecobloque PET, que cumpliera con las características de un bloque de mampostería estructural. Lo anterior, dio como resultado la producción de un documento que circunscribiera el estado del arte del uso del ecobloque PET tanto a nivel universal como continental y regional. Partiendo de lo anterior, se caracterizaron los materiales utilizados en las diferentes mezclas con base en sus propiedades físicas y químicas, y finalmente se diseñó una mezcla con dichos materiales en diferentes composiciones porcentuales, para obtener la mezcla óptima del ecobloque PET.

Productos: Descripción general. Tomando como base la información recopilada, se llevó a cabo el diseño y la construcción del ecobloque que fue creado con materiales bioconstructivos, ya que una de las metas fue disminuir tanto los costos a nivel ambiental como económico.

Descripción económica. Esta investigación realizó un análisis para determinar cómo el ecobloque propuesto podía ayudar a reducir los costos con respecto a un ladrillo o bloque convencional; teniendo en cuenta que la utilización de las botellas PET no acarrearía ningún costo adicional en su obtención. Lo anterior, porque se sabe de antemano que entre los desechos se suelen encontrar materiales que pueden ser reutilizados y por tanto transformados en elementos útiles. Además de encontrar una forma más económica de implementar la construcción de una vivienda de interés rural más limpia y económica; se colabora con el medio ambiente y su conservación.

Materiales: Peso de la gravilla. En la elaboración de la mezcla se utilizó un agregado muy fino y una gravilla de 3/8, material muy pequeño que es usado para la preparación de mezclas. Se escogió este material por

las dimensiones y características del prototipo que favorecieron el tamaño y la forma del ecobloque, además se calcularon 4.500 kg por ecobloque.

Peso arena de peña. Otro ingrediente utilizado fue la arena de peña. Dicho material cuenta con un alto índice de sílice, característica que lo hace más resistente; razón por la cual se optó por este; además por ser excelente para las mezclas por su color y textura. Se adicionaron 4.000 kg por ecobloque.

Peso del cemento. El tercer ingrediente utilizado fue el cemento de color gris, químico que ayudó a dar la resistencia propuesta. Se adicionaron 2.0 kg por ecobloque.

Peso de macrofibra sintética. Otro componente de gran importancia fue el aditivo, la microfibra sintética. (Ver figura 2) Este material se utilizó gracias a sus características especiales, pues favoreció el proceso al darle mayor adherencia a la mezcla de las botellas PET; situación que ayudó a lograr una resistencia mucho mayor en comparación con los ensayos realizados previamente. Se adicionaron 340 gr. por ecobloque.



Figura 2 Microfibra sintética estructural. Recuperado en: www.clasf.co.ve/q/macro-fibra-concreto/

Fibra sintética tuf strand.

Descripción general. “Son macro fibras sintéticas de una mezcla autofibrilante polipropileno/polietileno, que se encuentran patentadas y se utilizan para reemplazar exitosamente las fibras de acero, el refuerzo de malla de acero electro soldada y las varillas de refuerzo convencionales en una amplia variedad de aplicaciones como la del concreto lanzado que recubre los techos de los túneles, en el proceso constructivo de piscinas, la estabilización de taludes, pavimentos, pisos de concreto en áreas de flujo vehicular y peatonal.

El concreto reforzado con tuf-strand sf (Ver tabla 2) tendrá refuerzo tridimensional con características de

tenacidad a la flexión mejoradas, así como de resistencia al impacto y a la abrasión, igualmente ayudó a mitigar la formación del agrietamiento por contracción plástica en el concreto.” (eucomex.com.mx, 2016, mayo).

Propiedades físicas

Tabla 2 Propiedades físicas del aditivo

Material	Descripción
Fibra tuf strand sf	Mezcla de polipropileno/polietileno
Gravedad específica	0,92
Resistencia a tensión	600-650 megapascales
Módulo de elasticidad	9,5 Gigapascales
Punto de llama	330°C-625°F
Longitud de la fibra	50mm
Aspect Ratio	74
Color	Blanco
Absorción del agua	Despreciable
Resistencia al Alcalis	Excelente
Resistencia a ácidos	Excelente
Resistencia a moho y hongos	Excelente
Dosis típica	1,8-1,2 kg/m ³
Denier	3000

Nota: Tomado de <http://www.toxement.com.co>

Aplicación. “Las fibras tuf strand sf se pueden adicionar a la mezcla de concreto. Generalmente se recomienda adicionar la fibra en la planta de producción del concreto. Una vez adicionadas las fibras al concreto, se debe mezclar por un mínimo de 3 a 5 minutos a la máxima velocidad para asegurar la completa dispersión y homogeneización de las fibras en la mezcla.” (toxement.com.co, 2011, noviembre, 2)

Proceso constructivo. El proceso inició con el llenado de las botellas PET con material no biodegradable seguido de la preparación del molde. (Ver figura 3) Previamente se hizo el análisis del material de la botella PET y las bolsas o empaques plásticos de frituras. Posteriormente se introdujeron las bolsas plásticas dentro del envase PET hasta dejarlo completamente compacto, teniendo en cuenta que estas debían tener un peso uniforme. A continuación se humectó el molde del ladrillo con aceite quemado buscando que la mezcla no se adhiriera a la madera.



Figura 3 Ilustración del proceso constructivo. Archivo de los autores.

Peso de botellas PET con material. Posteriormente, y luego de llenar las botellas PET en su máxima capacidad, fueron pesadas (Ver figura 4); seguidamente fueron compactadas con una varilla con el fin de lograr uniformidad en cuanto a la cantidad de material utilizado en cada una de ellas; en seguida se amarraron en grupos de 3 botellas con una malla (galpón) para luego ser pesadas en una báscula.



Figura 4 Ilustración del peso de las botellas PET. Archivo de los autores.

Preparación de mezcla del ecobloque. En este proceso se hizo una mezcla en la que se utilizó grava, arena de peña y cemento. (Ver figura 5) En esta fase se empleó un compuesto químico-físico adicional llamado fibra tuf strand (macro fibra sintética), con el fin de lograr una mayor resistencia y que las moléculas se adhirieran más fácilmente a las botellas PET.



Figura 5 Proceso de mezclado. Mezcla para fundir el ecobloque. Archivo de los autores.

Fundición del ecobloque. Luego de obtener la mezcla, se procedió a fundir el ecobloque con las botellas PET debidamente acomodadas en su interior; inmediatamente después se fue agregando la mezcla al molde para luego proceder a sacarle los vacíos a cada una de ellas respectivamente con ayuda de una varilla. (Ver figura 6)



Figura 6 Moldeado del ecobloque. Archivo de los autores.

Curado del ecobloque. Luego de la fundición del ecobloque se procedió a humedecerlos con agua para el proceso de curado, (Ver figura 7) para luego realizarles las pruebas de laboratorio a los 7, 14 y 28 días, respectivamente.



Figura 7 Fundición y curado del ecobloque. Archivo de los autores.

Secado en el horno. En esta etapa se sometió el ecobloque a un proceso de secado en el horno (Ver

figura 8) con el fin de iniciar la detección de fallas en el material.



Figura 8 Secado del ecobloque en el horno. Archivo de los autores.

Pruebas de laboratorio.

Peso húmedo del prototipo ecobloque. En esta fase se pesó el ecobloque húmedo. (Ver figura 9) Se obtuvo como resultado 12.946 Kg.



Figura 9 Peso del ecobloque húmedo. Archivo de los autores.

Peso seco del prototipo ecobloque. (Ver figura 10) En este proceso se sometió al ecobloque a un secado en el horno para después proceder a realizar las pruebas de laboratorio. Se obtuvo como resultado 12.472 Kg.



Figura 10 Peso del bloque seco. Archivo de los autores.

Prueba de compresión para el ecobloque (Tiempo de 7 días). Posteriormente de la toma del peso seco del ecobloque, se realizó una prueba de compresión (Ver figura 11) en la que se observaron fisuras en sus costados, arrojando como resultado en la primera prueba de 76,5 KN fuerza.



Figura 11 Pruebas de compresión. Resultados de la prueba. Archivo de los autores.

Prueba de compresión para el ecobloque (Tiempo de 14 días). Al realizar la segunda prueba de compresión se observó que la resistencia fue duplicada, situación que favoreció el desarrollo de la investigación pues se obtuvo un resultado de 138 KN fuerza. (Ver figura 12)



Figura 12 Prueba del ecobloque - 14 días. Resultados de la prueba. Archivo de los autores.

Prueba de compresión para el ecobloque (Tiempo de 28 días). Al realizar la última prueba de laboratorio (Ver figura 13), se compararon los resultados obtenidos en los ensayos previos con la etapa en la que se adicionó fibra a la mezcla, alcanzando un aumento en la resistencia del ecobloque. Se obtuvo como resultado 195,0 KN f.



Figura 13 Prueba de compresión a los 28 días. Resultados de la prueba. Archivo de los autores.


Tipo de falla obtenida. En el transcurso de los 3 ensayos preliminares se observó una falla columnar, producto de la distribución heterogénea de las fibras (Ver figura14), aspecto que se fue mejorando en las posteriores pruebas con el fin de alcanzar un resultado favorable con respecto al factor resistencia; de tal forma que se lograra superar lo exigido por la NSR10-NTC 4026 que oscila entre 9 megapascales (91,77kgf/cm²) y 15 megapascales (153 kgf/cm²); resultado que se empezó a evidenciar en esta etapa.



Figura 14 Resultados de la prueba. Archivo de los autores.

Presupuesto general del ecobloque

Tabla 3 Presupuesto *producto*

PRESUPUESTO POR ECOBLOQUE				
PROYECTO:	SOLUCIONES DE VIVIENDA ECOSOSTENIBLE DE INTERES RURAL CON BASE EN ECO-BLOQUE PET PARA MAMPOSTERIA ESTRUCTURAL EN EL ALTO MAGDALENA COLOMBIA			
ACTIVIDAD:	ELABORACIÓN DEL ECOBLOQUE			
1. MATERIALES				
ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
CEMENTO	KG	2.7	500	1350
ARENA	KG	6.35	27	171.45
GRAVA	KG	7.2	33	237.6

FIBRA TUF STRAND	GR	15	37.65	564.75	
AGUA	LTS	1.3	30	39	
SUBTOTAL				\$2,362.80	
1,2 .FIBRA TUF STRAND - PRECIO DE FABRICA					
ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR TOTAL		
FIBRA TUF STRAND	KG	2.27	\$85.435		
2. MANO DE OBRA					
TRABAJADOR	CANTIDAD	VALOR*HORA	% PRESTACIONES	RENDIMIENTO: actividad/cu	VALOR PA...
GLOBAL	1	5% MATERIAL	0	\$118.14	\$118.14
TOTAL					\$118.14
TOTAL COSTO DIRECTO					\$2,480.94

Nota: Los autores.

Conclusiones

La producción del ecobloque se constituye en una alternativa eficaz para la construcción de vivienda, gracias a las características y propiedades del plástico de las botellas PET.

La producción de ecobloque con tecnología más limpia trae como resultado la reutilización de materiales de desecho como las botellas PET, de tal forma que se colabore con la obtención de un entorno menos contaminado y por tanto más saludable.

Se ha probado la compresión del ecobloque, basada en la modificación de la mezcla del ecobloque no estructural en estructural; para obtener mayor resistencia, atendiendo a las normas colombianas NSR10-NTC 4026.

Durante la primera fase de la segunda prueba, se modifica la mezcla del ecobloque no estructural, agregando fibra sintética que ayuda a la adherencia y refuerzo del concreto, donde se observó un cambio favorable en la curva de la compresión para el ecobloque estructural.

La tecnología y los materiales utilizados son una alternativa en pro del bienestar de las comunidades y por tanto del desarrollo sostenible.

La contaminación acelerada del planeta puede ser detenida si las comunidades cambian las formas de vida que van en contra del desarrollo natural del medio ambiente.

Reutilizar los materiales de desecho como las botellas PET, favorece la conservación de entornos más saludables y menos contaminados.

Los ecobloques fueron diseñados y elaborados como alternativa en la construcción de vivienda de interés social, con el fin de favorecer a las comunidades más vulnerables de la provincia del Alto Magdalena.

El incremento en los costos de producción de materiales tradicionales para la construcción, posibilitaron la producción de un ecobloque que satisficiera las necesidades y por tanto la demanda en la construcción de vivienda con menos costos.

REFERENCIAS

- Acevedo, H., Vásquez, A. y Ramírez, D. (2012, enero). Sostenibilidad: Actualidad y necesidad en el sector de la construcción en Colombia. *Gestión y Ambiente*, [S.l.], v. 15, n. 1, p. 105-118, ISSN 2357-5905. Recuperado el 7 de julio de 2016, de <http://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/30825/39307>.
- Barón W y Palacios J. 2001 en Ramírez, D., (Tabla 1) Recuperado de: <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/2169/2/139221.pdf>
- Bloques de concreto y plástico. (2011, 1 de septiembre) <http://www.ceve.org.ar/banner1.swf>. Recuperado de <https://otroatardecir.wordpress.com/2011/09/01/bloques-de-concreto-y-plastico/>
- Bumangueses fabrican ladrillo con plástico para la construcción. (2015, 14 de mayo). Recuperado de <http://www.vanguardia.com/mundo/ciencia/311514-bumangueses-fabrican-ladrillo-con-plastico-para-la-construccion>
- Ecocosas.com. (2016, 2 de septiembre). Empresa transforma el plástico de los océanos en ladrillos. Recuperado en: <http://www.inthenewsletter.com/newsletter/ecocosas.com/5758>
- Fibras sintéticas estructurales. (2011, 2 de noviembre), p. 2. Recuperado en: http://www.toxement.com.co/pdfs/Tuf_Strand_SF.pdf
- Gaggino, R., Arguello, R., y Berretta, H. (2006, 12 de octubre). Encuentro de comunidades sustentables. Obtenido de e-mail: areatecnica@ceve.org.ar: Recuperado el 5 de agosto de 2016, de http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2007/2007_artigo_026.pdf.
- Gaggino R. (2011, agosto). Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción. *Revista INVI [en línea]*. Recuperado el 10 de septiembre de 2016, de <http://www.www.redalyc.org/articulo.oa?id=25806306>
- Ladrillos de plástico para la construcción de viviendas, una innovación que surge desde la universidad. (2012, 8 de agosto). Recuperado de: <http://www.lasegunda.com/Noticias/Nacional/2012/08/770974/ladrillos-de-plastico-para-la-construccion-de-viviendas-una-innovacion-que-surge-desde-la-universidad>
- Mannise, R. (2016, 2 de septiembre). Ecocosas. Recuperado en Ecocosas: <http://ecocosas.com/arq/empresa-transforma-plastico-los-oceanos-ladrillos/>.
- Marroquin, J. (2010, 2 de septiembre). Sector químico-agrícola impulsa reciclaje de plástico. *Noticias financieras*, 45-67. Recuperado el 05 de 06 de 2016, de <http://ezproxy.unipiloto.edu.co/docview/749402035?accountid=50440>
- Medina, E. (22 de enero) Colombianos crean casas con ladrillos de plástico reciclado. En línea 2026. : Recuperado el 20 de marzo de 2016, de <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-16488356>
- Placas moduladas, amigables con el medio ambiente y de fácil instalación. (2013,14 de febrero) Recuperado en: <http://ecoplacas.blogspot.com.co/2013/02/estado-del-arte.html> <http://www.eucomex.com.mx/PDF/Tuf%20Strand.pdf> Rev. 2016, mayo
- Plásticos para arquitectos y constructores. (2016, 3 de octubre) Barcelona: reverté S. A. Portafolio, Recuperado de <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/la-empresa-que-se-dedica-a-hacer-casas-de-plastico-500779>

Propiedades físicas del aditivo, (Tabla 2) Recuperado de: <http://www.toxement.com.co>

Sánchez, D., Tecnología del concreto y el mortero. (s.f.), Cap. 4, p.65, Biblioteca de la construcción. Recuperado de <https://books.google.com.co/books?id=EWq-QPJhsRAC&pg=PA65&lpg=PA65>

Teraftalato de polietileno, (Figura 1) Recuperado de: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso03-04/>

Varón, L. M., Sierra, D. C., y Bedoya, L. Y. (2011, 11 de mayo). INDURAL: un aporte significativo a la producción más limpia y la construcción sostenible. *Producción + Limpia*, 6(1), 128-135. Recuperado el 14 de mayo de 2016, de <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci>