

MAMPUESTO MULTIPORPÓSITO PET

MAMPUESTO MULTIPROPÓSITO EN PET

CRISTIAN JULIÁN LEGUÍZAMO LÓPEZ

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

BOGOTÁ D.E.

DICIEMBRE 07 DE 2017

MAMPUESTO MULTIPORPÓSITO PET

MAMPUESTO MULTIPROPÓSITO EN PET

PARA LA APLICACIÓN EN SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CONVENCIONALES.

CRISTIAN JULIÁN LEGUÍZAMO LÓPEZ

Presentado para optar al título de Arquitecto

DIRECTORA ARQUITECTA ANGÉLICA ARIAS

UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

PROGRAMA ARQUITECTURA

BOGOTÁ D.E.

DICIEMBRE 07 DE 2017

RESÚMEN

En la actualidad, la **problemática** ambiental va en aumento, la **superpoblación** ha empezado a convertirse en una carga que el planeta ha empezado a resentir desde hace unos años, las **emisiones**, las necesidades de producción y afines han causado **daños** ambientales irreversibles, todo esto puede ser aminorado con técnicas existentes pero no aplicadas en porcentajes importantes, el **reciclaje**, la reutilización, el uso de materias amigables con el medio ambiente requieren un empoderamiento para que su uso sea una constante y el daño causado sea cada vez menor buscando un proceso **reversible** en el actual procedimiento detrimental. El uso de recipientes plásticos PET se cuenta por millones, pero su **reciclaje y reutilización** no supera el 25%, una cifra que no logra crear la diferencia, pero que otorga **oportunidades** de aprovechamiento, reutilización y elongación del ciclo de vida del material, siempre en la búsqueda de evitar que el material nombrado no llegue a los acopios sanitarios o al medio ambiente.

La presente propuesta, busca **prolongar** el ciclo de vida del plástico PET en una proporción importante, permitiendo en el proceso la reutilización de otros elementos como los residuos de construcción que a pesar de la **normativa** existente, estos elementos no poseen una clara reutilización y su disposición final no dista del **relleno sanitario**, por medio de un mampuesto propuesto, para que sea aplicado dentro de los **sistemas constructivos tradicionales**, reemplazando los mampuestos de arcilla cocida (Bloque No 4 y 5) se busca contribuir a la disminución de la carga contaminante generada por la actividad constructiva, una actividad que supera incluso la minera en emisiones contaminantes y residuos sólidos. Un mampuesto que empodere el **autoconstrucción**, la **economía** y la seguridad de una población de destino inmediato.

Los problemas evaluados en general son oportunidades de desarrollo e investigación, que permiten generar respuestas de bajo, medio y alto impacto, siempre en pro del desarrollo de la

relación mutualista entre seres humanos y el medio ambiente que le provee todo para su subsistencia, la parasitosis antropológica también permite crear soluciones como las aquí presentadas, ***soluciones*** viables no complejas en aplicación y desarrollo, un producto dirigido no sólo a la ***comunidad*** arquitectónica sino a la comunidad en general.

Palabras Clave

Problemática – sobrepoblación – emisiones – daño – reciclaje – reversible – reutilización – oportunidades – prolongar – normativa – relleno sanitario – autoconstrucción – economía – soluciones – comunidad.

ABSTRACT

Currently, the environmental problem is increasing, overpopulation has begun to become a burden that the planet has begun to resent for a few years, emissions, production needs and related have caused irreversible environmental damage, all this can be reduced with existing techniques but not applied in important percentages, recycling, reuse, the use of environmentally friendly materials require an empowerment so that their use is a constant and the damage caused is increasingly less looking for a reversible process in the current detrimental procedure. The use of PET plastic containers is counted by millions, but its recycling and reuse does not exceed 25%, a figure that fails to create the difference, but that provides opportunities for use, reuse and elongation of the life cycle of the material, always in the search to avoid that the material named does not reach the sanitary warehouses or the environment.

The present proposal seeks to prolong the life cycle of PET plastic in an important proportion, allowing in the process the reuse of other elements such as construction waste that despite the existing regulations, these elements do not have a clear reuse and their disposal The end is not far from the sanitary landfill, by means of a proposed masonry, to be applied within the traditional construction systems, replacing the clay masonry (Block No. 4 and 5) is intended to contribute to the reduction of the pollutant load generated by the constructive activity, an activity that exceeds even the mining industry in polluting emissions and solid waste. A package that empowers the self-construction, economy and security of a population of immediate destination.

The problems evaluated in general are opportunities for development and research, which allow generating responses of low, medium and high impact, always in favor of the development of the mutualistic relationship between human beings and the environment that provides everything for their subsistence, parasitosis. anthropological also allows to create solutions such as those

presented here, viable solutions not complex in application and development, a product aimed not only at the architectural community but the community in general.

Key Words

Problematic - overpopulation - emissions - damage - recycling - reversible - reuse - opportunities - prolong - regulations - sanitary landfill - self-construction - economy - solutions – community.

TABLA DE CONTENIDO

<u>Introducción</u>	10
<u>Formulación del Problema</u>	12
<u>Justificación</u>	16
<u>Hipótesis</u>	20
<u>Objetivos</u>	21
<u>Objetivo General</u>	21
<u>Objetivos Específicos</u>	21
<u>Marco Teórico</u>	22
<u>Inicios del plástico</u>	22
<u>Polietileno tereftalato (PET)</u>	23
<u>Condiciones ambientales</u>	24
<u>Descomposición del plástico</u>	25
<u>Estudio del Usuario</u>	26
<u>Marco de Referencia</u>	28
<u>Marco Histórico</u>	28
<u>Antecedentes</u>	28
<u>Conclusiones generales</u>	32

<u>Marco Contextual</u>	33
<u>Uso del plástico y cifras a nivel mundial</u>	33
<i>Polietileno, cifras de uso y producción</i>	33
<u>Cambios en la tradición</u>	35
<u>Uso del plástico en Colombia</u>	36
<u>Reciclaje en Colombia</u>	38
<u>Contexto social</u>	40
<i>Pobreza, indicadores y generalidades</i>	40
<i>Pobreza en Colombia, cifras y generalidades</i>	40
<u>Marco Legal</u>	41
<u>Marco Conceptual</u>	42
<u>Marco Metodológico</u>	44
<u>Desarrollo por momento metódico</u>	44
<u>Metodología que requiere agentes externos</u>	45
<u>Definición y establecimiento de la propuesta</u>	46
<u>La propuesta</u>	46
<u>Análisis de precios unitarios</u>	51
<u>Análisis de precios unitarios Prototipo 1</u>	51

<u>Análisis de precios unitarios Prototipo 3</u>	53
<u>Valores ambientales</u>	54
<u>Conclusiones</u>	56
<u>Bibliografía</u>	57
Anexos	59+

Listado de Gráficas

Gráfica 1.	Waste generation by economic activities.....	12
Gráfica 2.	Localización de asentamientos de origen informal en Bogotá	26
Gráfica 3.	Asentamiento irregular al sur de Bogotá; Archivo particular	27
Gráfica 4.	Bottling up Nigerian houses	28
Gráfica 5.	Proyecto PET para la construcción de casas ecológicas	30
Gráfica 6.	Sustainable habitat in Colombia: building homes with plastic bottles	30
Gráfica 7.	Producción mundial de plástico, 1950-2012	33
Gráfica 8.	Producción mundial de plástico por tipo de uso, 2012 (porcentajes)	34
Gráfica 9.	Producción mundial de plástico por región económica, 2012	35
Gráfica 10.	Principales consumidores de materias primas plásticas en Colombia	36
Gráfica 11.	Consumo aparente de resina plásticas en Colombia, 2010-2012	37
Gráfica 12.	Localización geográfica del Relleno Sanitario Doña Juana	38
Gráfica 13.	Prototipo 1, Mortero relación 1.6 Botella 1.5L	46
Gráfica 14.	Gaseosa Coca-Cola Botella 1.5 L.....	47
Gráfica 15.	Prototipo 2, Mortero relación 1.6 Botella 1.5L Recortada	48
Gráfica 16.	Prototipo 3, variación de “ciclópeo” 1/3 Cemento, 2 Escombros, 6 Arena, Botella 1.5L Recortada	49
Gráfica 17.	Prototipo 3, variación de prototipo en gráfica 13 debido al calor.....	50

Listado de Tablas

Tabla 1.	Gastos generales en la obtención	14
Tabla 2.	Bottling up Nigerian houses	28
Tabla 3.	Young Innovators Recycle Millions Of Plastic Bottles, Stem Homeless	29
Tabla 4.	Proyecto PET para la construcción de casas ecológicas	29
Tabla 5.	Sustainable habitat in Colombia: building homes with plastic bottles	30
Tabla 6.	Camacol. (1997 - 2010). NTC, Nsr-10	41
Tabla 7.	APUs realizados sobre la botella completa sin alteraciones morfológicas	51
Tabla 8.	APUs realizados sobre la botella alterada morfológicamente, corte y retiro del cuello.	52
Tabla 9.	APUs realizados sobre la botella prototipo 3	53
Tabla 10.	Tamaño promedio de los hogares asentados en zonas irregulares	54

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a las estadísticas manejadas por diferentes instituciones de estadística, desarrollo industrial y sanidad tanto nacionales como internacionales, la contaminación generada por el consumo humano de diferentes recursos ha alcanzado cifras históricas preocupando a los entes institucionales y obligando a los diferentes campos de producción y desarrollo a buscar alternativas que disminuyan la carga contaminante que afecta el planeta, la producción de basuras al día supera los billones de toneladas a nivel mundial y países en vías de desarrollo como Colombia no ha optado por sistemas de reciclaje y reutilización que disminuyan efectivamente el tonelaje de desperdicios. Elementos como el plástico de difícil descomposición, inundan los acopios de desperdicios, ya que al no contar con técnicas que permitan la reutilización de manera efectiva terminan en fuentes hídricas, afectando tanto la fauna como la flora de la región.

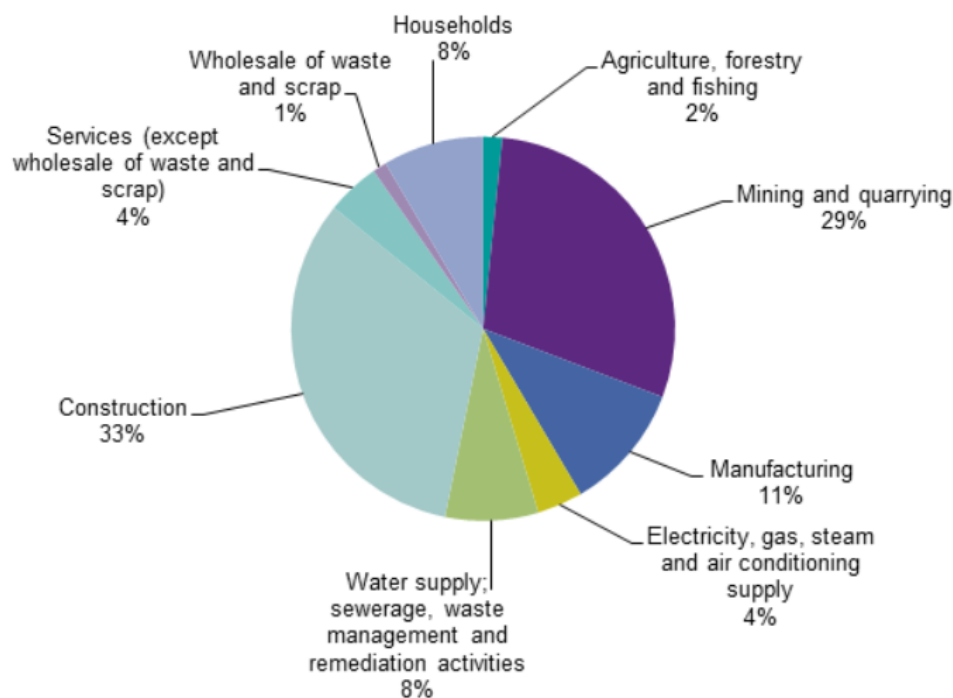
Por consiguiente el presente trabajo se desarrolló por momentos, tanto académicos como metódicos, como primer momento se inicia una investigación sobre técnicas constructivas con materiales convencionales; al identificar una técnica de interés para el autor de este proyecto se inicia una investigación sobre los materiales a utilizar, la disponibilidad de las piezas, la utilidad, el gasto ambiental y los elementos que puedan generar cifras que permitan realizar comparativos, posteriormente se analiza la normativa nacional para organizar un trabajo desde las exigencias técnicas aplicadas, resistencia, aplicabilidad y consecuencias.

Luego se concentra en la pieza, un procedimiento de ensayo y error, que exige la realización de pruebas mecánicas como resistencia a la fractura no técnicas, encontrando elementos que exigen replanteamiento o cambios morfológicos para llegar a varios prototipos llevados a pruebas técnicas, resistencia a la compresión que arrojasen resultados consecuentes con las exigencias técnicas, para

posteriormente llevar una pieza de acuerdo a la NRS-10 a una técnica de construcción. Un procedimiento convencional en la construcción que admitiera el reemplazo de la pieza cocida (Bloque No 4 y 5) por el mampuesto propuesto, para generar un sistema mixto entre lo convencional y lo propuesto, que responda adecuadamente a los esfuerzos. Sin embargo, la resistencia no es el único elemento al que se apuntó, el costo de manufactura de este mampuesto debe ser inferior al reemplazado y su gasto ambiental de ensamble debe argumentar la propuesta ambiental desde la disminución de emisiones de CO₂ y consumo de energía. Esto obliga a realizar un comparativo entre ambas técnicas y comprobar la viabilidad de la propuesta.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Según el informe anual, de la organización europea “EuroStat” (2016), la actividad de la construcción genera un 32.6% de los residuos totales sólidos a nivel Europa, siendo la actividad que más desechos produce por encima de la Minería. Generando una carga importante al momento de reciclar o planear estrategias que reduzcan dichas cifras, sin contar los otros índices contaminantes, como el uso de combustibles fósiles, emisiones de CO₂ o CO y otros elementos no menos contaminantes. La minería le sigue con un porcentaje de 29.2%. (Gráfica 1)



Gráfica 1. EuroStat (2015). Waste generation by economic activities. [Figura]. Recuperado de <http://ec.europa.eu/eurostat/>

Actualmente en Colombia, la construcción no contempla de manera prioritaria el desarrollo de procesos o materiales amables con el medio ambiente, por diferentes factores como son, falta de interés, costos de implementación, características técnicas entre otros. (Ver anexo 1).

Solamente la reutilización de productos es la estrategia utilizada generalmente; al usar residuos sólidos como cerramientos o campamentos. Lo que se hace sin control y no muestra un impacto importante a nivel ambiental. (Ver anexo 2).

La producción del mampuesto regulado para el uso en construcción conlleva unos procesos específicos irreemplazables que producen partículas contaminantes y uso de recursos no renovables, como el petróleo o sus derivados, procesos de combustión que producen partículas de compuestos contaminantes (CO y CO₂), desde la extracción que en ocasiones requiere de maquinaria pesada, hasta el traslado desde el centro de producción y acopio al lugar de la obra requiere de vehículos por ende el uso de combustible es necesario para dicho procedimiento, estos procesos causan la generación de particular contaminantes por cada pieza fabricada y trasladada al lugar de la obra dependiendo de la demanda de este material, que es utilizado casi que inevitablemente en la totalidad de las obras a nivel nacional.

[Tabla 1.](#) Gastos generales en la obtención. Generalidades en gastos tanto ambientales como humanos en la obtención de algunos materiales que se buscan reemplazar con la implantación de este método.

GASTOS GENERALES EN LA OBTENCIÓN en sistema básico aportado				
PROCEDIMIENTO	TIPO DE PROCEDIMIENTO	MATERIALES	GASTO HUMANO/MECÁNICO	GASTO AMBIENTAL
CIMENTACIÓN	CONCRETO CICLÓPEO	CONCRETO (arena, cemento, triturado, agua)	Equipos, mano de obra, vehículos.	Petróleo, emisión de gases, extracción de materia terrestre.
		PIEDRA MEDIA ZONGA	Equipos, mano de obra, vehículos.	Petróleo, emisión de gases, extracción de materia terrestre.
ESTRUCTURA PORTANTE	VIGAS Y COLUMNAS	CONCRETO (arena, cemento, triturado, agua)	Equipos, mano de obra, vehículos.	Petróleo, emisión de gases, extracción de materia terrestre.
		ACEROS	Equipos, mano de obra, vehículos.	Petróleo, emisión de gases, extracción de materia terrestre.

Fuente: autor

Aunque actualmente, se cuenta en Colombia con la normativa listada:

- Decreto 586 de 2015, por medio del cual se adopta el modelo eficiente y sostenible de gestión de los residuos de construcción y Demolición - RCD en Bogotá D.C.
- Resolución 0932 de 2015, por la cual se modifica y adiciona la resolución 1115 del 26 de septiembre de 2012.
- Resolución 00715 del 30 de mayo de 2013, por medio de la cual se modifica la Resolución 1115 del 26 de septiembre de 2012 y se adoptan los lineamientos técnico- ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el distrito capital.
- Resolución N° 01115 del 26 de septiembre del 2012 por medio de la cual se adoptan los lineamientos técnico- ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el distrito capital.

Los residuos de construcción, indefectiblemente estos terminan en los rellenos sanitarios, diferentes causas impiden una reutilización o una al menos que exista una intención sobre el tema,

la normativa enumerada es exigente con la manipulación de escombros desde que salen de la obra hasta que son dispuestos en el centro de acopio o relleno, pero la mala manipulación dentro de estos espacios anula la efectividad del proceso al momento de definir su reutilización.

Al hablar de la mala manipulación del espacio dónde se recolectan los residuos, se habla de la disposición de los elementos en el lugar, es decir, la normativa indica que los materiales deben estar dispuestos de manera específica, aquellos que puedan ser reutilizados o reciclados para que un nuevo proceso los transforme en nuevos elementos deben estar dispuestos lejos de los residuos orgánicos, para que los lixiviados no afecten su utilidad y esto también permite que los gases creados a partir de la oxidación de estos elementos no se generen en espacios no ventilados y se creen bolsas de gas, que pueden explotar por la oscilación térmica, sin embargo los rellenos sanitarios no son coherentes con la norma internacional y es común encontrar los elementos revueltos y contaminados por los lixiviados, dado es el caso de doña Juana, que en 1997, una explosión causó un derrumbe de desechos que fueron a dar al río Tunjuelito y desde entonces no se ha dado respuesta a la evacuación de la laguna de lixiviados.

JUSTIFICACIÓN

En Colombia, se producen aprox. 1500 toneladas anuales de residuos plásticos, entre botellas, deshechos textiles, juguetes y otros. El análisis sectorial de residuos sólidos determinó que 1300 toneladas son de residuos textiles y otros, mientras que 200 toneladas son de residuos de botellas y envases PET al año. “El Tiempo. (2017). Se Industrializó el Reciclaje del Plástico. Marzo 12 de 2016, de El Tiempo Sitio web: <http://bit.ly/2jU88Dy>”

En la actualidad, los rellenos sanitarios de las principales ciudades del país, presentan traumatismos ya sea en operación, capacidad o graves problemáticas causadas a las comunidades colindantes, la incorrecta manipulación de residuos y la inexistente cultura del reciclaje y utilización han permitido la construcción de focos infecciosos y contaminantes en largas extensiones de tierra, las capacidades de dichos espacios paulatinamente se reducen y eventualmente no darán abasto para continuar con la recolección, sin contar las consecuencias de los metales presentes en los líquidos lixiviados que se enfilan hacia las fuentes hídricas del territorio.

Desde el punto de vista social las personas que se encuentran dentro de las características de pobreza económica acorde a las cifras gubernamentales presentadas van en disminución, sin embargo, la realidad mostrada por variados estudios de diferentes entidades los denominados pobres han ido en aumento, engrosando las comunidades que se desarrollan de manera sub-urbana, a la sombra de las grandes capitales, se ven obligados a construir sus viviendas con materiales no adecuados que no proveen los mínimos índices de seguridad y cobijo, a causa específicamente de los costos de los materiales aprobados para la construcción, pues sus ingresos pecuniarios no son suficientes para cubrir sus necesidades y comprar dichos elementos.

Considerando esta problemática, se decide crear una estrategia que permite hacer una inmersión en la investigación técnica tanto en el área ambiental, como en las implicaciones sociales del uso de nuevas técnicas y materiales no convencionales en la construcción, para así lograr crear un mampuesto usando botellas PET, de bajo costo con las condiciones técnicas exigidas por las norma NSR-10, aprovechando las posibilidades que otorga el trabajar el PET en su molde original, este trabajo busca unir dos de los tres núcleos de la sostenibilidad, el ambiental y el social. El PET es un material que otorga incontables posibilidades de uso y debido a sus materiales que le componen su descomposición puede tardar hasta mil años, permitiendo así una larga vida a los que se pueda desarrollar con el PET.

La resistencia natural de la botella permite una variada posibilidad de intervenciones, en Colombia muy poco se ha trabajado sobre el tema, los antecedentes demostraron que de manera rural y poca aplicabilidad se han trabajado las botellas PET con fines constructivos, no es raro encontrar todo tipo de manualidades utilizando fragmentos de botellas plásticas. Elementos tales como lámparas, juguetes, alcancías, materas, porta utensilios y hasta balsas son realizados con esta materia prima, sin conocer realmente el valor del tereftalato.

Aun así, existen personas que ven en los residuos plásticos la forma de reutilizarlos, los desechos que producen (botellas PET) los utilizan en manualidades creativas que si bien evitan que en un lapso de tiempo lleguen a los rellenos sanitarios eventualmente arribarán a los mismos continuando con el problema. En Brasil existe el proyecto “*The Hanging Garden Project*” o el proyecto del jardín colgante, Recife; varios estudiantes del colegio Americano de Recife impulsaron la propuesta, reutilizando las botellas descartadas para usarlas como contenedores de

diferentes tipos de plantas, para así llevarlas a las favelas y permitir por medio de la capacitación que las familias de escasos recursos produzcan alimentos para sí mismos en sus propios hogares usando dicha técnica.

American School of Recife. (2012, octubre 5). The Hanging Garden Project [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=QMa72L-NnJY>

En Colombia, la idea del uso de EcoTech o EcoLadrillos impulsado por el alemán Andreas Froese, con importante acogida en países centro americanos, he incursionado en el departamento de Antioquia con su técnica del uso de esta tecnología, botellas rellenas de residuos inorgánicos, como plásticos, icopor, empaques de aluminio, bolsas plásticas entre otros. Permitiéndole construir elementos en comunidades de escasos recursos, Froese afirma que la pieza hecha con PET puede tener una vida útil de hasta 300 años y que la cantidad usada para cada eco vivienda es de unas 8000 piezas.

La Corporación Futuro para la Niñez en Medellín recibió de Andreas una capacitación respecto al uso de botellas PET en la construcción, con el fin de reutilizar diferentes elementos en los ecoladrillos, transmitiendo esta técnica a personas en condiciones de pobreza para que accedan a su vivienda con poca inversión económica, impulsando así la autogestión de vivienda, las piezas están agrupadas de manera que permite reforzar la unión y creación del muro con el uso de aglomerantes como el mortero en casos determinados o técnicas vernáculos en el caso de viviendas rurales. Las consecuencias sociales también son halagadas por las autoridades gubernamentales, pues la técnica no reviste mayores dificultades al momento de aplicarla lo cual permite ocupar el

tiempo libre de los menores como respuesta al creciente fenómeno de elementos sociales nocivos dónde los menores de edad son protagonistas.

Posada, M. (Mayo 26 de 2012). Construcción de Viviendas con Botellas Plásticas [El futuro del reciclaje está en la construcción de viviendas]. Blogspot. Recuperado de <http://botellasyviviendas.blogspot.com.co/>

Con esto se puede concluir que las estrategias que debe generar una sociedad para la buena disposición de sus residuos en Colombia es detrimental en todo sentido, aún más cuando se identifica que la cuantificación de sus propios residuos producidos anualmente no se encuentran en las dependencias idóneas, por ejemplo, con las cifras de los residuos plásticos. Esto permite identificar que la técnica está levemente analizada e investigada en Colombia, las aplicaciones expuestas en esta investigación demuestran la viabilidad del uso de botellas PET en la construcción, pero la falta de difusión de dicha información evita que estos proyectos sean vistos como opciones comerciales importantes para implementarlos en la construcción actualmente.

HIPÓTESIS

Debido a las cargas contaminantes generadas por la actividad constructiva y dada la situación actual ambiental; el profesional se ve obligado a explorar nuevos métodos de construcción y definir nuevos materiales, debido a esto se propone una pieza constructiva a base de PET, para la aplicación en muros estructurales y cimentaciones para vivienda social, con lo que se espera proveer una pieza de bajo costo que permita el fomento de la auto construcción y disminuir la carga purgativa con el medio ambiente.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un mampuesto de bajo costo a base de botellas PET y otros elementos de construcción (recebo, gravillas, triturados), tratados como residuos de cantera que permita generar construcciones de vivienda con un menor impacto ambiental y disminuir el porcentaje de residuos PET, alargando la vida útil de este.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1- Cuantificar las cifras de residuos reciclados y los no reciclados o desperdiciados para definir la disponibilidad de materia prima para el mampuesto multipropósito en PET propuesto.
- 2- Reutilizar materias primas desechadas, para disminuir las cargas detrimentales ambientales. (Recebo, triturados, escombros), para definir la posibilidad de mejor respuesta los esfuerzos que deberá soportar el mampuesto.
- 3- Definir los costos de la construcción por medio del uso del mampuesto en PET al momento de utilizarlo en obra. (viviendas de bajo costo).
- 4- Identificar los requerimientos para muros no estructurales de la NSR-10. Definir un sistema constructivo para así aplicar el mampuesto propuesto y esté generado de acuerdo a la norma NSR-10.
- 5- Desarrollar un prototipo de mampostería en PET acorde a las exigencias de la NSR-10 para la aplicación en construcción (Muros estructurales y cimentación).

MARCO TEÓRICO

Inicios del plástico.

En cuanto a la historia del plástico, se determinan tres fechas importantes para llegar al material que se conoce y es de variable aplicabilidad por diferentes industrias en todo el mundo actualmente. Este material es ampliamente utilizado en todo tipo de industrias, desde el envase de químicos, hasta el envase de alimentos tanto perecederos como no perecederos, con algunos cambios y poca inversión el material permite ser utilizado de múltiples formas.

En 1860, John Wesley Hyatt crea un tipo de plástico a base de celulosa natural, buscando un sustituto para el marfil de las esferas utilizadas en el juego del billar, este polímero natural marcó un inicio en base a la búsqueda de polímeros sintéticos de menor costo de producción, más adelante en 1909 Leo Hendrick Baekeland logra crear a base de formaldehidos y fenoles un polímero enteramente sintético denominado baquelita, logrando dar paso a una evolución de resinas sintéticas buscando las mejores características tanto físicas como químicas del material. No es hasta 1919 que el químico alemán Hermann Staudinger propuso la inclusión de macromoléculas en la composición del plástico catapultando así definitivamente la industria del plástico.

En 1930 se da el mayor paso al identificar que el gas etileno al calor conformaba un termoplástico llamado polietileno. “Arkiplus. (2013). Historia de Plástico. Febrero 28 de 2017, de Arkis Sitio web: <http://bit.ly/2lrox12>”

En cuanto a la historia del ladrillo, es necesario remontarse 9 mil años en la historia, hasta Mesopotamia y Palestina, pasando por imperios como el sumerio y babilónico, los cuáles construían utilizando estos elementos realizados con técnicas muy diferentes a las actuales,

ladrillos cocidos al sol recubiertos por otras piezas cocidas en hornos hechas con mármol y otros elementos como materias primas. El uso del ladrillo nace de la escasez de rocas en el área obligando a los hombres a buscar elementos que proporcionaran características similares a la piedra.

En Colombia, las culturas precolombinas utilizaban piezas de adobe para la construcción, en el caso de los Aztecas construían las pirámides con ladrillos recubiertos de piedra, la técnica utilizada en la actualidad es una mezcla entre la técnica española complementada con influencia árabe durante los siglos de dominio en la península ibérica, en la actualidad los ladrillos se producen de manera industrializada o manual dependiendo de las regiones dónde se fabriquen.

Polietileno tereftalato (PET)

Se habla que desde 1930 el polímero denominado polietileno tereftalato se logra desarrollar junto con otras variaciones, debido a sus características tanto físicas como químicas lo vuelven rápidamente la primera opción para ingresar al mercado y reemplazar otros elementos usados ya por varias décadas para el caso de los empaques de bebidas, ampliamente usado el vidrio hasta la década de los 30, el plástico demuestra su superioridad ante el vidrio debido a:

- Ligereza de peso
- Resistencia a la rotura
- Capacidad de aislamiento (eléctrico, térmico y acústico)
- Manejabilidad y seguridad
- Versatilidad
- Reciclabilidad
- Utilidad

- Sencillez y economía en su fabricación
- Impermeabilidad (humedad, luz, gases)
- No conductores electricidad (excelente para cables, enchufes)

“Repsol. (2000-2017). Propiedades de los plásticos. Febrero 2 de 2017, de Repsol Sitio web: <http://bit.ly/2loQPYT>”

Condiciones ambientales.

El plástico PET, puede tardar entre 100 y 1000 años en descomponerse, por eso es llamado material no biodegradable, sus características químicas lo convierten en un contaminante resistente a las bacterias que degradan los residuos “Vida Sana (2012)” lo cual implica que es posible que ninguna de las botellas creadas en 1930 haya desaparecido por completo por no afirmar que es imposible, esto significa que la carga contaminante sólo crece a medida que transcurre el tiempo, además, crecerá de manera directamente proporcional al crecimiento de aquellos que requieran usarlas, las sociedad. Estas cifras no dejan de ser un tenue acercamiento a la realidad, en Colombia no se cuentan con los últimos datos respecto a los residuos sólidos, implicando que las cifras pueden ser mucho mayores. Kawawada, Karen. "WCI student isolates microbe that lunches on plastic bags." The Record. May 22, 2008. (Nov. 22, 2010) <http://news.therecord.com/article/354044>, Shukman, David. "Warning on plastic's toxic threat." BBC News. March 27, 2008. (Nov. 22, 2010) <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7316441.stm>, Sohn, Emily. "Plastic decomposes quickly at sea, study finds." MSNBC. Aug. 20, 2009. (Nov. 22, 2010) http://www.msnbc.msn.com/id/32493098/ns/us_news-environment/.

Descomposición del plástico

Hasta hace unos años, se creía que el plástico era indestructible, posteriormente científicos demostraron que el plástico tarde entre 500 y 1000 años en descomponerse, dependiendo el tipo de plástico, no tarda lo mismo el plástico termo formado que el polietileno tereftalato o PET, sin embargo, recientemente científicos han demostrado que desde el primer año el plástico empieza su descomposición con la liberación de sustancias nocivas para el medio ambiente, como lo es el caso del bisfenol A (BPA), esta sustancia al entrar en contacto con ciertos seres vivos en el océano puede causar consecuencias en la vida marina, incluso en ciertos países es considerado un elemento riesgoso para el ser humano y se ha dado la instrucción de retirarlo de los envases y sea sustituido por resinas no epóxicas.

Antonio Figueras. (2009). Degradación del plástico en los océanos, Contaminación silenciosa..

Octubre 2017, de Madrid Blogs Sitio web:

http://www.madrimasd.org/blogs/ciencia_marina/2009/09/08/124463

El plástico puede ser degradado de manera química, con el uso de variadas sustancias capaces de disolver las partículas del plástico, sin embargo, no es un proceso económico o “limpio” pues la reacción genera elementos contaminantes en mayor o menor medida que el BPA, incluso puede generar consecuencias nocivas en aquellos que realicen el procedimiento, estos procedimientos son efectuados con fines investigativos y no están actualmente en uso por fuera de laboratorios específicos.

Beatriz Posada Bustamante. (1994). La degradación de los plásticos. Revista universidad EAFIT, 94, 0-0.

Estudio del Usuario.

Carlos Alberto Torres Tovar, en su libro “Ciudad Informal Colombiana” analiza detalladamente este fenómeno social en varias capitales colombianas, denominando dicha obra como barrios construidos por la gente. El centro de atención más que la materialidad o técnica de implantación fue la espacialidad de los inmuebles implantados en estos lugares, que, a pesar de ser diferentes ciudades con topografías variables y condiciones climáticas diversas, las laderas de las colinas y las rondas de los ríos son los lugares dónde se presenta este fenómeno. Con el trasegar de las décadas muchos de estos asentamientos han sido absorbidos por la ciudad y su crecimiento urbano exponencial, sin embargo, cada año migran personas a la capital y se ven forzados a poblar la periferia de la ciudad (**Ver gráfica 2**).



Gráfica 2: Localización de asentamientos de origen informal en Bogotá, 2001

Fuente: DAPD 2001 Torres Tovar, C. (n.d.). *Ciudad informal colombiana*. 1st ed. Bogotá DE: Universidad Nacional de Colombia.

Razón por la cual, estas intervenciones urbanas no cuentan con líneas vitales es la ocupación de terrenos no aptos para la construcción, ya sea por riesgos ambientales, (laderas y rondas) o por imposibilidad urbana, (vías férreas, largas distancias a las centralidades) o simplemente porque aún no está programada la expansión de la urbe hacia ese punto. Las condiciones tanto sociales como académicas no permiten que muchas de estas personas utilicen materiales convencionales a la hora de ejecutar sus obras, generalmente la falta de capital es la causa mayor, esto genera la toma de decisiones como el uso de cartones, plásticos, residuos de construcción y otros para erigir sus viviendas. Estos materiales no son sometidos a enriquecimientos o reforzamientos de ninguna clase, teniendo como resultado el uso de materiales en su estado y debilitamiento original, causando así la configuración de denuestos arquitectónicos sin ningún tipo de seguridad y menos estética. **(Ver gráfica 3)**



Gráfico 3: Asentamiento irregular al sur de Bogotá; Archivo particular

Fuente: <http://bit.ly/1VXBcTn>

MARCO REFERENCIAL

MARCO HISTÓRICO

ANTECEDENTES

Tabla 2: Referente, Nigeria: Estado de Kaduna

Lugar	Autor	Características	Conclusiones
África, Nigeria Buru, Estado de Kaduna.	Brodrick Akoh	Botellas plásticas de diferentes capacidades rellenas de arena exclusivamente o barro. Botellas apiladas y amarradas con un material indefinido para mayor estabilidad. Pegados con aglomerante vernáculo no especificado.	Acorde al autor, la resistencia de la pieza es 18 veces mayor, requiere 114.000 piezas para realizar una casa de 110m ² a un costo aparente de 15.000 USD.

Fuente: Leguízamo, C. (2017)



Endege, Y. [AlJazeeraEnglish]. (2011, diciembre 25). Bottling up Nigerian houses [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=hQp7Kp477Wg> (ver Gráfica4.)

Tabla 3: Referente, Kenya, Angie Siombua

Lugar	Autor	Características	Conclusiones
Kenya	Angie Siombua	Botellas de diferentes capacidades rellenas de tierra, usa la pieza creada tanto como cimentación y parte de los muros.	Complementa su denominada EchoTech con concreto, autoconstrucción de la vivienda de hasta 3 meses de duración en obra. Costo de la vivienda $\frac{1}{4}$ del costo en el mercado keniano.

Fuente: Leguizamo, C. (2017)

K24TV. [K24TV]. (2014, noviembre 22). Young Innovators Recycle Millions Of Plastic Bottles, Stem Homeless [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=oNSYR6azS_Y

Tabla 4: Referente, México, Universidad Tecmilenio

Lugar	Autor	Características	Conclusiones
México	Universidad Tecmilenio Campus Obregón	Botellas con capacidad para dos litros rellenas de arcilla, pegadas con mortero y se amarran los cuellos entre sí.	Estas piezas y el aparejo realizado con ellas se combinan con los procesos clásicos de vigas y columnas, aparentemente reemplazan la pieza común en el sistema aporticado.

Fuente: Leguízamo, C. (2017)



Universidad TecMilenio. [angel1233333]. (2010, octubre 30). Proyecto PET para la construcción de casas ecológicas. [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=aThBC4pIfrE&index=5&list=PLFa_Ch4H3PTxuJKOR2NIiT0XcXpLQe97h (ver [Gráfica 5](#))

Tabla 5: Referente, Colombia, Tenjo, Organizmo

Lugar	Autor	Características	Conclusiones
Tenjo, Colombia	Ana María Gutiérrez Organizmo	Botellas de capacidad indeterminada rellenas de arena.	Las botellas son pegadas con el uso del bahareque, técnica vernácula de gran valor y respuesta al esfuerzo.

Fuente: Leguízamo, C. (2017)



Ana María Gutiérrez. [euronewsknowledge]. (2014, noviembre 18). Sustainable habitat in Colombia: building homes with plastic bottles [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=hrhNhH-fCtc> (**Gráfica 6**)

Conclusiones Generales.

Todos los proyectos han demostrado ser funcionales, los costos han disminuido considerablemente en cada mercado acorde a sus creadores, el aumento de la vida útil del plástico es sustancial y disminuye el uso de elementos que contaminan en diferentes medidas el medio ambiente, las debilidades de estos proyectos serán las oportunidades de intervención de este trabajo, definición de precios unitarios, pruebas mecánicas de esfuerzo sobre las piezas y aplicabilidad tanto en zonas urbanas como rurales.

MARCO CONTEXTUAL

Uso del plástico y cifras a nivel mundial.

Polietileno; cifras de uso y producción.

El polietileno es el polímero de mayor uso, se estima que su producción a nivel mundial es de 250 millones a 300 millones de toneladas, (Ver gráfico 7).

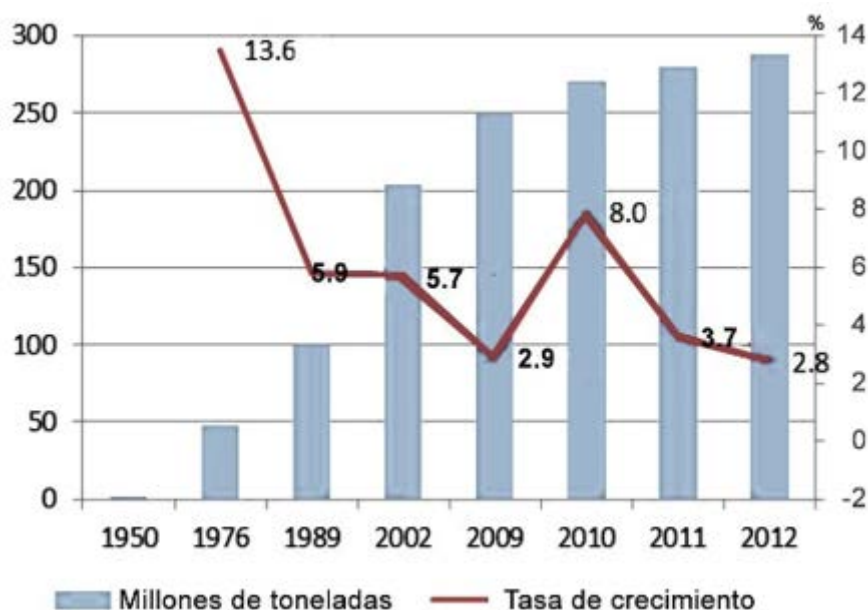


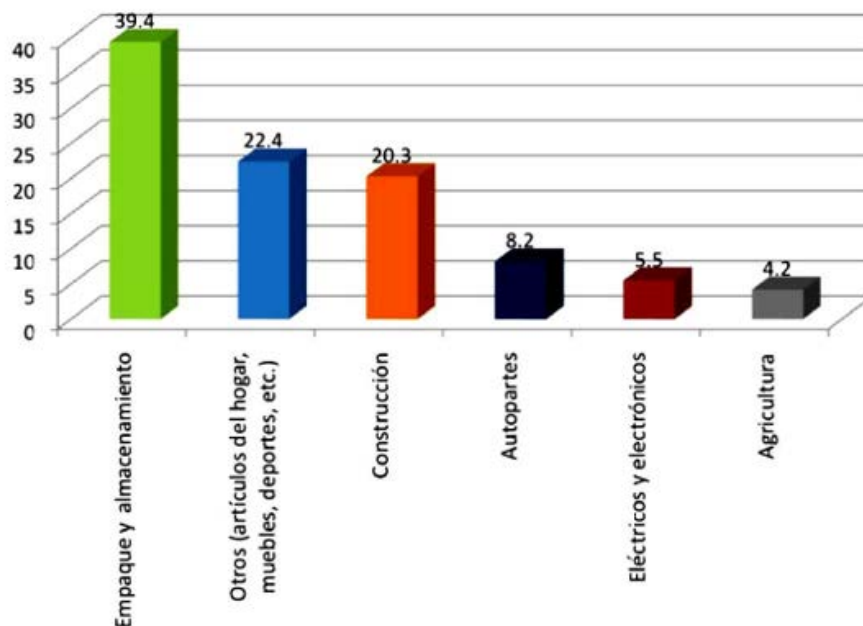
Gráfico 7: Producción mundial de plástico, 1950-2012

(millones de toneladas y tasas de crecimiento)

Fuente: PlasticsEurope, Plastics Situación el Bélgica 2012

La asociación manufacturera de plásticos “PlasticsEurope” calcula que, de la producción total del polietileno, sólo el 5% se produce en América Latina, considerando estos datos se cree que el continente produce 15 millones de polietileno al año, una alta cifra si se considera que Sur

América es un continente no industrializado. La misma firma, aporta cifras contundentes respecto a los usos del material, (Ver gráfico 8).



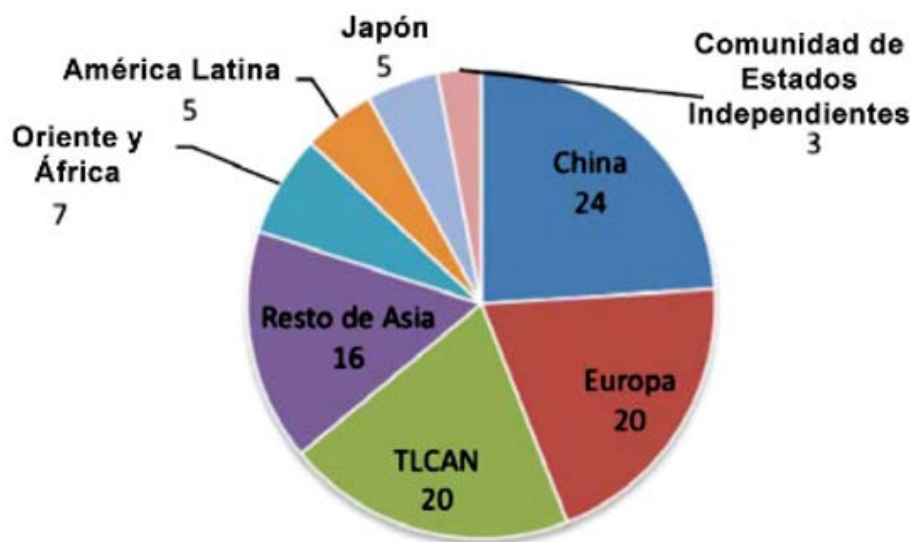
[Gráfica 8](#): Producción mundial de plástico por tipo de uso, 2012 (porcentajes)

Fuente: PlasticsEurope, Plástico. The facts 2013, Bélgica

Esta tabla a nivel mundial, postra a la construcción como el tercer uso de mayor demanda de plástico, posicionando al uso de empaque y almacenamiento como la de mayor demanda del material con un 40% de la producción global.

La botella plástica regular, utilizada para el envase de productos aptos para el consumo tal como aguas minerales, bebidas edulcoradas y bebidas alcohólicas está hecha con el tipo de plástico denominado tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilentereftalato o polietileno tereftalato reconocido por su sigla en inglés PET (*polyethylene terephtalate*). De acuerdo a los datos aportados por PlasticsEurope, el PET representa el 6.5% de la totalidad de los millones de toneladas de polietilenos producidos en el mundo, es decir casi 20 millones de

toneladas a nivel mundial (Ver gráfico 9). “Juan Pablo Góngora Pérez. (2014). La Industria del Plástico en México y el Mundo. Febrero 2 de 2017, de Bancomext Sitio web: <http://bit.ly/2k41A1H>”



Gráfica 9: Producción mundial de plástico por región económica, 2012 (porcentajes)

Fuente: PlasticsEurope, Plásticos. Situación en 2012, Bélgica

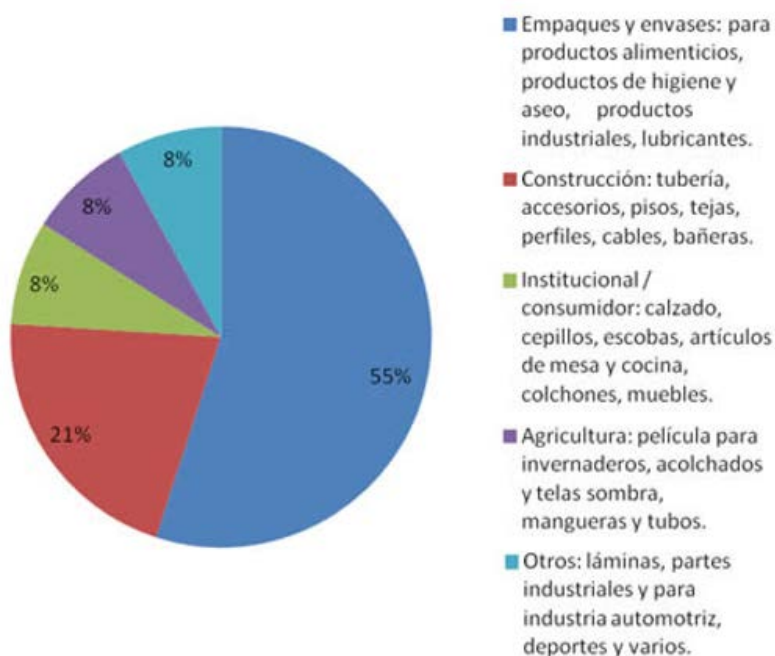
Cambios en la tradición.

Un ejemplo de su aplicabilidad es Coca-Cola, con una tradición de uso de envases para sus bebidas gaseosas nunca dejó de usar vidrio para envases personales, sin embargo, en todas sus otras presentaciones del producto introdujo el uso del PET barriendo ampliamente en el mercado con la botella de vidrio, debido a las características anteriormente mencionadas. La botella plástica PET ganó adeptos en todo tipo de productos y compañías, ya que debido a su ligereza se pueden transportar más botellas en menos vehículos, se puede reciclar y transformar en nuevas botellas o

elementos de uso cotidiano, el petróleo al ser parte material de estas botellas las hace más valiosas, sólo el 5% del petróleo extraído de la corteza terrestre se transforma en plástico, prolongando la vida útil del combustible fósil sin perder en ningún momento las capacidades primigenias del mismo, por eso su alto valor y la preferencia de uso. “PlasticsEurope. (Productor). (2010). El plástico es demasiado valioso para ser descartado de <http://bit.ly/2lrBJYi>”

Uso del plástico en Colombia.

Colombia no es ajena a las necesidades del consumo de los tipos de polietilenos, los usos no varían acorde a los datos facilitados por PlasticsEurope, sin embargo, los posicionamientos de las industrias a la hora de consumir dicho producto varían dramáticamente, especialmente en el rubro de empaques y envases, el cuál es de un 55%, 15% arriba de las cifras a nivel global. La construcción asciende a un segundo lugar con un 21% (Ver gráfica 10).



Gráfica 10: Principales consumidores de materias primas plásticas en Colombia, 2010-2012.

Fuente: Acoplásticos <http://bit.ly/2kRcETS>

Se debe aclarar que las exigencias del plástico en la construcción no hablan del mismo tipo de polietileno, pues el PET poco o nada es usado como materia prima de elementos plásticos como tejas, enchapes, canaletas, perfiles, enchapes, cables, bañeras etc... Al tomar de base los 15 millones de toneladas de polietileno que se producen al año en América Latina, se está hablando de un consumo anual de 8.3 millones de toneladas en plásticos para envases y empaques. En Colombia, el uso aparente de resina plásticas PET es superior a las 115 mil toneladas aproximadas anuales en 2012, demostrando un crecimiento similar entre 2010 y 2012, permitiendo aventurarse a exponer unas 235 mil toneladas anuales en 2016. (Ver gráfica 11).

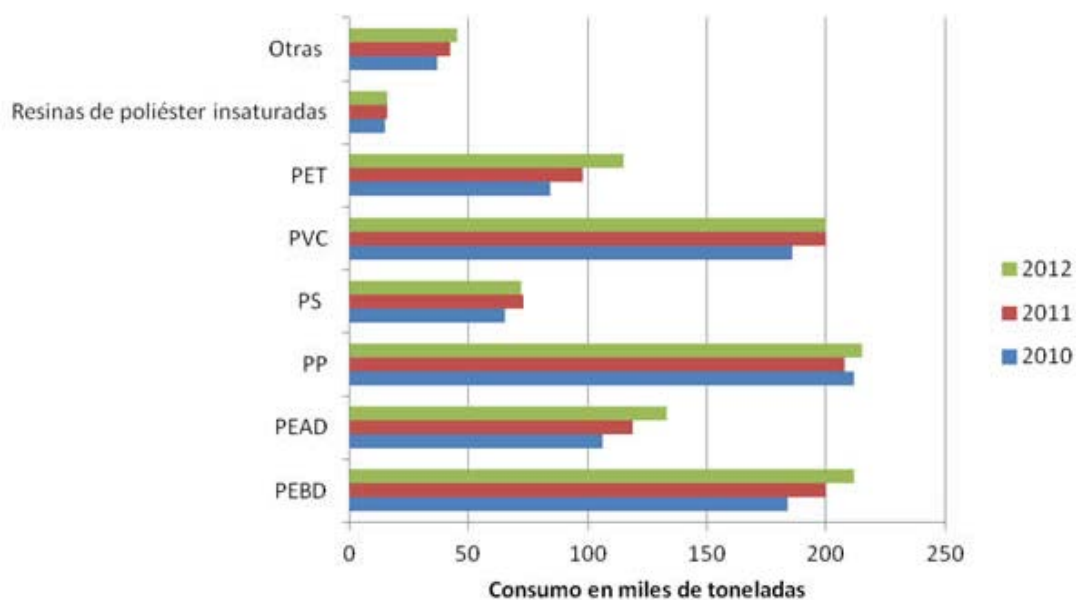
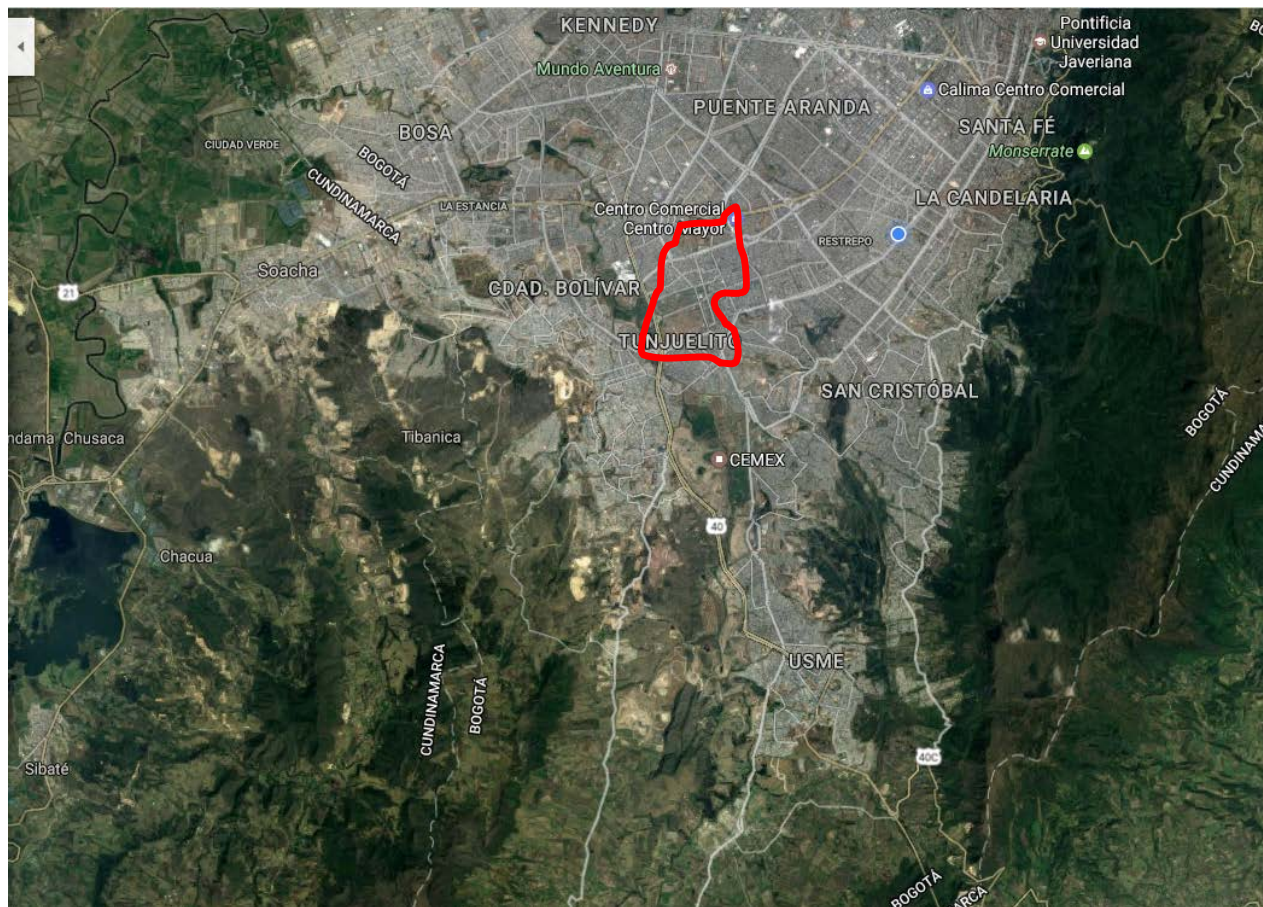


Gráfico 11: Consumo aparente de resina plásticas en Colombia, 2010-2012

Fuente: Acoplásticos <http://bit.ly/2kRcETS>

[Reciclaje en Colombia.](#)

El reciclaje en Colombia, no es una práctica muy común a la hora de tratar los desperdicios, su atraso en la materia hace necesario el uso de vastas extensiones de tierra para erigir rellenos sanitarios, que eventualmente se llenan a tope insalubres para las áreas vecinas y se hace imperativo su localización sólo para trasladar el problema, debido a la expansión urbana la cercanía con el relleno es alta (Ver Gráfico 12)



[Gráfica 12:](#) Localización geográfica del Relleno Sanitario Doña Juana

Fuente: GoogleMaps, GoogleEarth; Edición Cristian Leguízamo 2017

y sin serias políticas de reciclaje no habrá más opción que enfrentar nuevas crisis sanitarias, focos bacterianos en las áreas de los menos favorecidos, elevados niveles de contaminación, plagas de insectos y el menos grave de todos malos olores. Esto evidencia la carencia de planes efectivos de reciclaje, manejos inadecuados de los residuos ya que ninguno de los gremios ha enfrentado el problema de raíz, no se han propuesto planes efectivos de manejo, control y choque encrudeciendo el problema de manera continua y exponencial. “Juan José Rodríguez Rico. (2009). Historia y Desarrollo del Conflicto Ambiental, Relleno Sanitario de Doña Juana. Febrero 5 de 2017, de Concejo de Bogotá Sitio web: <http://bit.ly/2Il6UDa>”

Esto se ve reflejado en las cifras obtenidas por el investigador ya que según el ministro de vivienda del año 2012, en Colombia se recicla sólo un 13% de las 27 mil toneladas de residuos sólidos, prometiendo cambios al Decreto Nacional 1713 de 2002 “Vargas Lleras, G. (2012)” modificado por el Decreto Nacional 838 de 2005, derogado por el artículo 120, Decreto Nacional 2981 de 2013, este decreto clarifica los procedimientos tanto de usuarios como funcionarios del sistema nacional de recolección de basuras, lugares de recolección, métodos de transporte así como las disposiciones para todo tipo de viviendas.

Desde inquilinatos hasta casas de estratos sociales altos. En el año 2012 se hablaba de un uso de PET en Colombia de 120 mil toneladas aproximadamente, al contraponer la cifra de uso con el porcentaje reciclado ese mismo año según el Ministro de Vivienda se habla de un total de 15600 toneladas de PET recicladas, lo que significa una cuantía de 134400 toneladas de PET desperdiciados; según el registro de pesos y medidas que rigen el mercado, una botella PET de 1.5 Litros pesa 30 gramos si se tomara el hipotético que la totalidad de ese PET desperdiciado son botellas de 1.5 Litros, equivaldría a 4466 millones de unidades que fueron a parar a los botaderos

de la nación. Teniendo en cuenta que la demanda ha crecido y el uso de PET ha aumentado se toman como referencia los años 2012 a 2016 para llegar a la conclusión que en 5 años se han desperdiciado 22300 millones de unidades PET.

Contexto Social

Pobreza, indicadores y generalidades.

En la contemporaneidad, el mundo cuenta con un número aproximado de 7 mil quinientos millones de habitantes, una sociedad compuesta por multitud de comunidades, credos, etnias y razas. Cada individuo genera cifras objeto de estudio por organizaciones tales como el Banco Mundial, encargada de revisar las cifras económicas, personas en extremo grado de pobreza, crecimiento económico zonal, total de ingresos per cápita, definiendo así las cifras de pobreza a nivel global, arrojando resultados necesarios para que cada nación implemente programas de gobierno para combatir la pobreza. Dicho esto, y de acuerdo al Banco Mundial, el mundo presenta un índice de pobreza del 12.7%, afirmando que estas personas sobreviven al día con menos de 1.90 dólares americanos, es decir, \$5400 COP (febrero 8 de 2017). “Banco Mundial (2011)”.

Pobreza en Colombia, cifras y generalidades.

En Colombia las cifras de pobreza extrema no son alentadoras, en 2015 el porcentaje de personas en estado de pobreza de ubica en 27.8 puntos “DANE (2016)”, según esta organización, para que una familia sea incluida en este grupo debe percibir menos de \$ 408.436 COP mensuales.

MARCO LEGAL

Tabla 6. Camacol. (1997 - 2010). NTC, Nsr-10

Título	Descripción	Fecha	Descarga
Decreto 340 de 2012	Por el cual se modifica parcialmente el Reglamento de Construcciones Sismo Resistentes NSR-10.	16-Mar-2012	
Último Decreto (Decreto No. 92 del 17 de Enero de 2011 Diario Oficial página 19)	Último Decreto (Decreto No. 92 del 17 de Enero de 2011 Diario Oficial página 19)	17-Ene-2011	
Anexo Técnico Modificación Decreto 92	Anexo Técnico Modificación Decreto 92	17-Ene-2011	
Decreto 2525 del 14 de julio de 2010	Decreto 2525 del 14 de julio de 2010	14-Jul-2010	
NSR-10 Diario Oficial 26 de marzo de 2010	NSR-10 Diario Oficial 26 de marzo de 2010	26-Mar-2010	
Decreto 926 de 19 de marzo de 2010	Decreto 926 de 19 de marzo de 2010	19-Mar-2010	
Principales Modificaciones NSR 10	Principales Modificaciones NSR 10	30-Dic-2009	

Recuperado de [http:// www.camacol.co/informacion-tecnica/nsr-10](http://www.camacol.co/informacion-tecnica/nsr-10)

La normativa reseñada, definió los elementos técnicos en consideración en la creación de este proyecto, la resistencia, los materiales admitidos y el sistema propuesto son el resultado del análisis de cada uno de los textos vigentes en la regulación de la construcción en Colombia, todo esto para que el resultado sea coherente con las necesidades del suelo colombiano y las respuestas que deben proveer los materiales aplicados en el medio.

MARCO CONCEPTUAL

Conceptos

- **Autogestión**

Es una gestión de la comunidad, que ocurre como consecuencia de transformar la espiral descendente de la pobreza en espirales ascendentes de desarrollo. La autogestión comunitaria es, entonces, el canal a través del cual el potencial infinito inherente del ser humano se encauza hacia el logro de una vida digna a través de mejorar la calidad de vida de cada uno de los moradores, de acuerdo a sus propios objetivos, metas y con el apoyo solidario de sus semejantes.

(Jaquelin Pineda)

- **Sostenibilidad en Vivienda**

Cuando una vivienda cuenta con los 5 elementos denominados los imprescindibles se puede afirmar que es una vivienda sostenible, Orientación, aprovechando el trayecto del sol, sistemas de bajo consumo para ahorro de recursos, aislamientos que protejan a sus moradores, uso de energías renovables y zonas verdes. (Miguel Pinto)

- **Reciclaje y reutilización**

“En la reutilización se vuelve a utilizar el componente o el material tal como está, sin transformación alguna. Por su parte, en el reciclado el material es tratado mediante algún proceso físico o químico para luego ser reinsertado en la cadena productiva.” Regazos

Cada concepto es aplicado en el proceso de desarrollo e investigativo del presente artículo, acorde a la definición de los conceptos presentada, la parte ambiental es esencial en la aplicación de la técnica, pues la reutilización de elementos contaminantes es el eje fundamental de este proyecto, la aplicación de este prototipo busca disminuir las cargas contaminantes arrojadas al medio ambiente, de igual manera, la sencillez del modelo en manufactura, aplicación y desarrollo patrocina a la población destino para la gestión propia de sus viviendas; los conceptos de sostenibilidad en la vivienda serán elementos adquiridos con el tiempo y aplicados en las viviendas autogestionadas por estas personas como elemento a mediano plazo para hablar de una dignidad de vivienda a largo plazo. Esto permite configurar la etimología del proyecto de carácter investigativo tecnológico ambiental.

MARCO METODOLÓGICO

Desarrollo por momento metódico

Para desarrollar todo lo explicado anteriormente se deben seguir una serie de pasos divididos según la necesidad y orden lógico denominado momento metódico, cada momento está compuesto por un concepto y un método escogido acorde a las necesidades investigativas:

- Por medio de la investigación en diferentes fuentes, se identificarán las cifras de elementos necesarios para el desarrollo de la pieza, esto para reconocer la viabilidad del proyecto únicamente desde las cantidades disponibles.
- Al identificar los componentes disponibles, se procederá a escudriñar las posibilidades de cada elemento, (botellas PET, residuos de cantera, escombros de construcción), el ensayo y error es el método escogido.
- Por método cualitativo se definirá las piezas de mejores costos y cualidades para empezar a generar los presupuestos de obra.
- Ya identificados los elementos de mayor viabilidad, por método cuantitativo se definirá el costo de la pieza prototipo, por unidad, metro cuadrado y unidad de vivienda.
- Se compararán los costos de los elementos propuestos; inicialmente con los precios comerciales de las viviendas de interés social.
- Se tomará una unidad de vivienda regulada, construida y cuantificada en costos para compararlos y demostrar la viabilidad de la técnica.
- Se comparará la técnica propuesta con otras ideas no convencionales de las mismas características para la construcción de viviendas, específicamente el uso de llantas.

Metodología que requiere agentes externos

- Por medio de elementos para tal fin, se fallará la pieza para así identificar si cumple o no con los estándares impuestos por la normativa colombiana.
- En caso de falla se retomará desde el paso 3, para mejorar la calidad de la pieza por medio de otros ensayos con nuevas propuestas del material de relleno.
- Cuando se obtenga la pieza estandarizada y funcional, se dispondrá a proponer el ensamble adecuado con ayuda de profesionales capacitados en el tema.
- Finalmente se presentará una pieza prototipo a una escala real (1:1) y un muro a escala maniobrable para así identificar la propuesta en la realidad.

DEFINICIÓN Y ESTABLECIMIENTO DE LA PROPUESTA

La propuesta

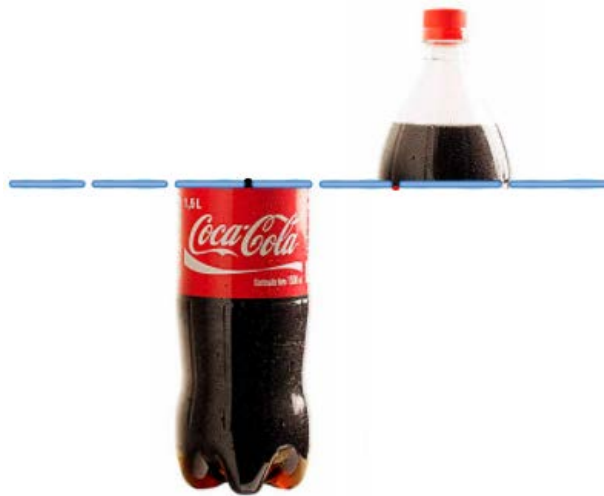
Al definir las necesidades de la pieza acorde a las exigencias normativas y de calidad, se identifican elementos que pueden realizar una acción en conjunto para un producto aceptable, la piel del elemento, el relleno del elemento y el tamaño del mismo, para realizar un prototipo se piensa a futuro para lograr identificar la posibilidad de encontrar la materia prima de cada elemento, el prototipo ha sido concebido de diferentes maneras, diferentes tipos de propuesta con el mismo fin, buscando efectividad en la relación impacto, beneficio y costo además de la sencillez. Desde un principio se define el uso de la botella plástica sin alterar, a un tamaño de 1.5 litros, con un relleno de mortero a relación 1:6, partiendo de los antecedentes ya expuestos, dónde los rellenos aparte de variados demostraban cierta efectividad, buscando una mayor resistencia se incluye el uso del cemento a una cantidad mínima, también buscando economía en el diseño. (ver gráfica 13):



Gráfica 13: Prototipo 1, Mortero relación 1.6 Botella 1.5L

Foto: Cristian Leguízamo (2017)

El prototipo inicia a enfrentar cambios en favor de la eficiencia, al identificar áreas de la pieza que no ejercieran ningún trabajo, pero requirieran material y costo fue cambiada o retirada, en el caso particular del prototipo se retira el cuello de la botella para evitar el gasto innecesario y el material de relleno desperdiciado, como lo muestra la siguiente gráfica (ver gráfica 14):



Gráfica 14: PlazaVea. (2017). Gaseosa Coca-Cola Botella 1.5 L. [Figura 8]. Recuperado de <http://www.plazavea.com.pe/coca-cola>

Edición: mayo 2017, Cristian Leguízamo

La botella original posee una resistencia natural a los esfuerzos, al recortarle el cuello esa resistencia generada por la unidad del elemento se pierde indefectiblemente, sin embargo, mejora la eficiencia del proceso de llenado, los balances en cuanto a los elementos presentes disminuyen la viabilidad de esa pieza, pues exigía una mayor cantidad de cemento para recuperar dicha resistencia obtenida originalmente, aumentando los costos y exigiendo mayor uso de un elemento contaminante. (ver gráfico 15)



[Gráfica 15](#): Prototipo 2, Mortero relación 1.6 Botella 1.5L Recortada

Foto y Edición: Cristian Leguízamo (2017)

Este prototipo demostró su incapacidad de responder efectivamente al esfuerzo, lo cual obliga a generar cambios en el prototipo, al identificar las consecuencias de la pérdida de la unidad de la pieza plástica indica la necesidad de recuperar esa unidad, sin embargo, el uso del cuello implica material desperdiciado por área inoperante, además de la posibilidad de utilizar material de relleno de mayor tamaño, reduciendo el problema a una clara oportunidad de desarrollo.

El objetivo general era concebir la pieza con un relleno de elementos de cantera tratados como residuos o el uso de escombros de construcción, que permitieran la creación de un compuesto guiado por los mismos conceptos del concreto ciclópeo, técnica utilizada ampliamente en la construcción, específicamente en las cimentaciones; pero ¿cómo recuperar la unidad? Este procedimiento requirió de varios intentos de resolución y búsqueda de viabilidad, uno de ellos fue el incrustar la pieza retirada inicialmente en la pieza funcional, para así tratar de recuperar la resistencia inicial. (ver figura 16)



[Gráfica 16](#): Prototipo 3, variación de “ciclópeo” 1/3 Cemento, 2 Escombros, 6 Arena, Botella 1.5L

Recortada

Foto y Edición: Cristian Leguízamo (2017)

Este prototipo generó una cantidad importante de características a relacionar, permite el uso de escombros de granulometría mayor de 1 pulgada, hasta 3 pulgadas, el vibrado a la hora de asentar el relleno viscoso es de mayor sencillez, el uso del pétreo se reduce en más del 50% a la propuesta inicial, disminuye el peso de la pieza a un tercio del original y el área en la cual existe trabajo es de 13.5 centímetros aproximadamente, área similar a la de los mampuestos regulares. Por medio de la aplicación de calor, se puede moldear ese remanente plástico visible en la gráfica 13 traslapa parte del cuello incrustado en la mezcla permitiendo alcanzar la forma final del prototipo, (ver gráfica 17)



[Gráfica 17:](#) Prototipo 3, variación de prototipo en gráfica 13 debido al calor.

Foto y Edición: Cristian Leguízamo (2017)

Esta forma final es la base para extraer el análisis de precios unitarios, con base en los antecedentes expuestos, cantidad de botellas por unidad de vivienda, costo del relleno de la pieza incluyendo los costos comerciales de mano de obra, siempre sin abandonar los conceptos iniciales y pensando en la economía del diseño.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Análisis de precios unitarios Prototipo 1

Para poder realizar una medición de precios, se requería cuantificar las cantidades de materiales necesarios por metro cuadrado y así compararlos con las propuestas en construcción, una botella con medidas 31cm x 8.5cm x 8.5cm y capacidad para 1.5lts de contenido y de peso hasta el momento indeterminado, escoger una mezcla de mortero que no aumentara los costos dramáticamente pero si la resistencia del mampuesto, se probaron varias alternativas, arrojando hasta ese momento la 1:6 como la mezcla suficiente, según estas medidas el metro cuadrado requiere 121 botellas, pero en ese momento por recomendaciones técnicas se realizaron los APUs con 100 botellas por metro cuadrado arrojando el siguiente resultado: (Ver tablas 1 y 2)

Tabla 7: APUs realizados sobre la botella completa sin alteraciones morfológicas.

Análisis de Precios Unitarios (APUs)						
Por Botella		Mortero (1:6)				
Ítem	Cantidad	Valor	Unitario	Valor	Total	Total
		(Pesos)		(Pesos)		
Cemento	166.6gr	124		124		
Arena	1000gr	83		83		
Agua	375ml	0.8		0.8		
Botella PET	1u	10		10		
(1.5lts)						
						210

Realizados por Cristian J. Leguizamo Costos 2015

Tabla 8: APUs realizados sobre la botella alterada morfológicamente, corte y retiro del cuello.

Análisis de Precios Unitarios (APUs)					
Por Botella	Mortero (1:6)				
Ítem	Cantidad	Valor Unitario (Pesos)	Valor Total (Pesos)	Total	
Cemento	100gr	750 (kg)	75		
Arena	700gr	83 (kg)	58		
Agua	375ml	0.8	0.8		
Botella PET (1.5lts)	1u	10	10		
					143

Realizados por Cristian J. Leguizamo Costos 2015

En el nuevo prototipo, o prototipo número 3, se realizan las sumatorias de los costos de cada elemento que compone la pieza, es preciso reconocer que tanto la mano de obra como el uso de escombros de obra no adicionan ningún costo a la pieza, los escombros de acuerdo a la normativa exigen un manejo específico que adhiere costos a la construcción, las personas que vayan a realizar la pieza pueden adquirir este material por ningún costo, arrojando costos inferiores al prototipo inicial, una diferencia de casi el 50% del precio inicialmente analizado, (ver tabla 3)

Análisis de Precios Unitarios Prototipo 3

Tabla 9: APU's realizados sobre la botella prototipo 3

Análisis de Precios Unitarios (APUs)				
Por Botella	Ciclópeo Propuesto			
Ítem	Cantidad	Valor Unitario (Pesos)	Valor Total (Pesos)	Total
Escombros	2kg	0 (kg)	0	
Cemento	40gr	1075 (kg)	43	
Arena	700gr	83 (kg)	58	
Agua	375ml	0.8	0.8	
Botella PET (1.5L)	1u	8	8	
				110

Realizados por Cristian J. Leguizamo Costos 2017

Teniendo en cuenta que el metro cuadrado requiere de 121 botellas, una vivienda promedio de 70 metros cuadrados, viviendas similares a las viviendas de la población destino se habla de un costo por unidad de vivienda de 931,700 pesos (COP) es decir 316.30 USD, (05/11/2017), mientras que el antecedente de Brodrick Akoh, afirma que el costo promedio de una vivienda de 116m² tiene un valor aproximado de 115.000 USD, tomando esta medida, el costo por unidad de vivienda asciende a los 1.543.960 COP, en equivalencia 520.33 USD, una disminución del 99.7% en costos frente a dicha propuesta.

Valores ambientales

Tomando como referencia de comparación la misma vivienda, si cada metro cuadrado exige de 100 a 121 piezas de PET y hablamos de una casa de 60m², implica que se retirarían del medio ambiente y de los depósitos sanitarios como Doña Juana entre 6000 y 7260 botellas, aliviando así la carga contaminante, para 2007 según el SDP, en Bogotá existían 1587 asentamientos de origen irregular, el crecimiento a 2017 puede ser a unos casi 2000 asentamientos de estas características con una población estimada de casi 2 millones de personas que ocupan estas áreas, al no estar censadas debidamente por ninguna de las entidades gubernamentales o privadas, sin embargo la Magíster en Gestión Urbana Angélica Patricia Camargo Sierra y la Magíster en Planificación y Administración del Desarrollo Regional Adriana Hurtado Tarazona, ambas anexas a la Universidad Piloto de Colombia en su artículo Vivienda y Pobreza: Una relación compleja, (Ver tabla 10)

Tabla 10: Tamaño promedio de los hogares asentados en zonas irregulares

	Total	Sin déficit	Déficit cuantitativo				Déficit cualitativo				
			Estructura	Hogar secundario	Espacio (1)	Servicios (2)	Estructura (3)	1 y 2	1 y 3	2 y 3	1, 2 y 3
Tamaño promedio hogar	3,6	3,5	4,3	4	4,7	3,6	3	5,7	5,6	3,4	3,3
Gasto en vivienda/ingreso	16%	15%	20%	18%	21%	16%	22%	15%	39%	27%	43%

Fuente: elaboración propia con base en procesamiento datos de la ECV 2007, convenio Cenac-Unipiloto.

Fuente: Camargo Sierra A, P. Tarazona A, H. (2011) Vivienda y Pobreza: Una relación compleja.

Unipiloto. Colombia

Tomando los datos de la SDP y los tomados del artículo mencionado, se podría aproximar a un total de 500.000 familias en estas condiciones desfavorables en materia de vivienda, si cada familia construyera su vivienda en estas condiciones (un supuesto utópico) de 60m² como la expuesta anteriormente, utilizando 7260 botellas equivaldría a un uso aproximado de

3.630.000.000 de unidades requeridas, es decir 109.000 toneladas aproximadamente, Colombia al año produce aproximadamente 200.000 toneladas de botellas PET y se desperdician 134400 toneladas al año, a pesar del tamaño de lo que podría abarcar el uso del PET no daría ni para reutilizar las toneladas desperdiciadas al año, sin embargo estamos en condiciones de viviendas mínimas de 60m², si se hablara de dos pisos o tres pisos las cifras aumentan exponencialmente en favor de la reutilización disminuyendo la carga purgativa de los desechos sólidos, demostrando no sólo así la viabilidad, también la necesidad de dicha propuesta.

CONCLUSIONES

- En Colombia cada año, se producen alrededor de 220.000 toneladas de plástico PET, de las cuáles sólo se reciclan o reutilizan el 17%, esto permite contar con la cantidad de materia prima deseada para la realización de este proyecto.
- Las adecuaciones hechas a la botella, permiten utilizar residuos de construcción de granulometría de rango 1” a 2”, permitiendo que el usuario que haga la pieza no tenga que realizar procedimientos de costo adicional además que le permite realizar un vibrado de mayor efectividad.
- Hasta el momento, el costo de la aplicación de esta técnica es ínfimo en comparación de proyectos similares aplicado dentro y fuera del país, partiendo de un precio de 110 pesos por unidad de mampuesto.
- De acuerdo a las características de las aplicaciones realizadas en los antecedentes internacionales y los referentes nacionales, la pieza responde acorde a las exigencias de la norma técnica colombiana.
- La aplicación de la técnica, pensada para vivienda social y destino de comunidad en condiciones de pobreza en Colombia, permite ser utilizada con ciertos cambios en otro tipo de proyectos, cambios que no requieren inversión de peso.

BIBLIOGRAFÍA

- American School of Recife. (2012, octubre 5). The Hanging Garden Project [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=QMa72L-NnJY>
- Ana María Gutiérrez. [euronewsknowledge]. (2014, noviembre 18). Sustainable habitat in Colombia: building homes with plastic bottles [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=hrhNhH-fCtc>
- Arkiplus. (2013). Historia de Plástico. Febrero 28 de 2017, de Arkis Sitio web: <http://bit.ly/2lrox12>
- Camacol. (1997 - 2010). NTC, Nsr-10 [Figura 1]. Recuperado de <http://www.camacol.co/informacion-tecnica/nsr-10>
- Camargo Sierra A, P. Tarazona A, H. (2011) Vivienda y Pobreza: Una relación compleja. Unipiloto. Colombia.
- El Tiempo. (2017). Se Industrializó el Reciclaje del Plástico. Marzo 12 de 2016, de El Tiempo Sitio web: <http://bit.ly/2jU88Dy>
- Endege, Y. [AlJazeeraEnglish]. (2011, diciembre 25). Bottling up Nigerian houses [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=hQp7Kp477Wg>
- Juan José Rodríguez Rico. (2009). Historia y Desarrollo del Conflicto Ambiental, Relleno Sanitario de Doña Juana. Febrero 5 de 2017, de Concejo de Bogotá Sitio web: <http://bit.ly/2ll6UDa>
- Juan Pablo Góngora Pérez. (2014). La Industria del Plástico en México y el Mundo. Febrero 2 de 2017, de Bancomext Sitio web: <http://bit.ly/2k41A1H>

- K24TV. [K24TV]. (2014, noviembre 22). Young Innovators Recycle Millions Of Plastic Bottles, Stem Homeless [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=oNSYR6azS_Y
- Kawawada, Karen. "WCI student isolates microbe that lunches on plastic bags." The Record. May 22, 2008. (Nov. 22, 2010) <http://news.therecord.com/article/354044>
- PlasticsEurope. (Productor). (2010). El plástico es demasiado valioso para ser descartado de <http://bit.ly/2lrbJYi>
- Posada, M. (Mayo 26 de 2012). Construcción de Viviendas con Botellas Plásticas [El futuro del reciclaje está en la construcción de viviendas]. Blogspot. Recuperado de <http://botellasyviviendas.blogspot.com.co/>
- Repsol. (2000-2017). Propiedades de los plásticos. Febrero 2 de 2017, de Repsol Sitio web: <http://bit.ly/2loQPYT>
- Shukman, David. "Warning on plastic's toxic threat." BBC News. March 27, 2008. (Nov. 22, 2010)<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/7316441.stm>
- Sohn, Emily. "Plastic decomposes quickly at sea, study finds." MSNBC. Aug. 20, 2009. (Nov. 22, 2010)http://www.msnbc.msn.com/id/32493098/ns/us_news-environment/
- Torres Tovar, C. (n.d.). *Ciudad informal colombiana*. 1st ed. Bogotá DE: Universidad Nacional de Colombia.
- Universidad TecMilenio. [angel1233333]. (2010, octubre 30). Proyecto PET para la construcción de casas ecológicas. [Archivo de video]. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=aThBC4pIfRE&index=5&list=PLFa_Ch4H3PTxuJKOR2NIiT0XcXpLQe97h