



**Proyecto de Investigación Bloques PET como Alternativa de Material para la
Construcción**

**Thalía Yusmeiry Álvarez Moreno
Diana Marcela Ortiz Tique**

**Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO
Rectoría Cundinamarca
Sede Girardot (Cundinamarca)
Mayo 2020**

**Proyecto de Investigación Bloques PET como Alternativa de Material para la
Construcción**

**Thalía Yusmeiry Álvarez Moreno
Diana Marcela Ortiz Tique**

**Monografía
Presentado Como Requisito Para Optar Al Título De Ingeniero Civil**

**Asesor:
Néstor Rafael Perico Granados
Ingeniero Civil**

**Corporación Universitaria Minuto de Dios UNIMINUTO
Rectoría Cundinamarca
Sede Girardot (Cundinamarca)**

Mayo 2020

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Girardot, 16 de mayo de 2020

Dedicatoria

Este trabajo de investigación “Monografía” está dedicado primordialmente a Dios que nos ha dado la salud, la vida y la fortaleza necesaria para terminar este proyecto. A nuestros profesores, a la Universidad Minuto de Dios UNIMINUTO quienes nos dan las herramientas necesarias para posteriormente desenvolvemos en nuestra vida profesional y a todas las personas que nos dieron su apoyo moral y emocional para continuar y no desfallecer.

Agradecimientos

Gracias a nuestro Asesor Néstor Rafael Perico Granados porque a pesar de todo confió en nosotras y nos dio la oportunidad de seguir en nuestro camino hacia el éxito.

CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	16
1. PROBLEMA	18
1.1 Contaminación por continentes	21
1.2 Contaminación en Colombia	24
2. JUSTIFICACIÓN	26
2.1 Humano	26
2.2 Social	26
2.3 Ambiental	26
2.4 Tecnológico	27
2.5 Económico	27
3. OBJETIVOS	28
3.1 Objetivo General	28
3.2 Objetivos Específicos	28
4. ESTADO DEL ARTE	29
4.1 Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET)	29

4.2	Ladrillos con adición de PET. Una solución amigable para núcleos rurales del municipio del Socorro.	30
4.3	Diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando Materiales a Base de PET	32
4.4	Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda	34
4.5	Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas	35
4.6	Aplicación de plástico reciclado en elementos a base de cemento.	37
4.7	Caracterización experimental de Ecoladrillos de Tereftalato de Polietileno (PET).	39
4.8	Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (PET) – Cemento.	41
4.9	Ladrillo Ecológico como material sostenible para la construcción	42
4.10	Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura	43
4.11	Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado	45
4.12	Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la fabricación de ladrillos vibro compactado de cemento.	46
4.13	Usos de bloques de plástico reciclado para vivienda de interés social para mejoramiento de su micro-clima, plan “socio vivienda”	48
4.14	Evaluación comparativa de las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto no estructurales con la sustitución de agregados pétreos por agregados PET en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% curados por inmersión y comparados con un bloque de concreto patrón.	49
4.15	Construcción con botellas recicladas (PET)	51
5.	MARCO TEÓRICO	53
5.1	Tereftalato de polietileno (PET)	53

5.2	Cómo se fabrica una botella de PET	53
5.3	El reciclaje mecánico	54
5.4	Cambio Climático	56
5.5	Desarrollo Sustentable	57
5.6	Residuos Sólidos	59
5.7	Etapas del aprovechamiento de los residuos	60
5.8	Impacto Ambiental Positivo	61
5.9	Impacto Ambiental Negativo	62
5.10	Impacto de plástico – Botellas en PET	63
5.11	Reciclaje	64
5.12	Materia prima	64
5.13	Materia prima PET.	64
5.14	Bloque de concreto	64
5.15	Norma técnica colombiana NTC 4205 La NTC 4205	65
5.16	Descripción del ladrillo de PET	67
5.17	Comparación técnica entre el ladrillo de PET y el ladrillo común de tierra cocida.	68
5.18	Factores condicionantes del proyecto	69
5.19	Lista de comprobación para facilitar la gestión de un proyecto	69
6.	METODOLOGÍA	73
7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
7.1	Viabilidad del proyecto según los porcentajes	75
7.2	Análisis de la resistencia a la comprensión	77
7.3	Cantidad de retención por Absorción	81

7.4	Análisis de los bloques según su porcentaje teniendo en cuenta su peso	83
7.5	Análisis según resultados económicos	84
8.	CONCLUSIONES	89
9.	RECOMENDACIONES	90
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	91

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Datos técnicos del plástico PET	39
Cuadro 2. Resistencia a la compresión.	45
Cuadro 3. Dosificación de muestras	84
Cuadro 4. Peso de ladrillos a base de cemento y PET	84
Cuadro 5. Costos por m ³ de producto	85
Cuadro 6. Peso de los Ladrillos a Base de Cemento y Pet	87
Cuadro 7. Precio estimado de cada ladrillo	88

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ejemplo de un ecoladrillo.	40
Figura 2. Desarrollo de Eco-ladrillo a través de la recolección de botellas PET.	40
Figura 3. Elaboración de las Unidades de albañilería.	47
Figura 4. Reutilización de botellas de desecho.	52
Figura 5. Reciclado mecánico con mezcla de materiales.	55
Figura 6. Bloques de Concreto	65
Figura 7. Unidades de Mampostería Macizas	66
Figura 8. Unidades de Mampostería de Perforación Horizontal	66
Figura 9. Unidades de Mampostería de Perforación Vertical	67

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Distribución global de producción de plástico.	19
Gráfica 2. Tiempo estimado para biodegradarse	21
Gráfica 3. Cantidad de residuos plásticos que flotan en cada cuenca oceánica del mundo.	22
Gráfica 4. Aumento de la producción de plástico en el mundo.	23
Gráfica 5. Departamentos que cuentan con más municipios con disposición inadecuada de PET	25
Gráfica 6. Principales sectores consumidores de materias plásticas (2001 - 2003).	62
Gráfica 7. Porcentajes óptimos para la elaboración de bloques.	77
Gráfica 8. Resistencia de los diferentes ladrillos a los 28 días.	78
Gráfica 9. Resistencia específica ensayos de laboratorio.	79
Gráfica 10. Resultados de resistencia a compresión comparados con las NTP E 070 Y NTP 399.604.	80
Gráfica 11. Comparación de la resistencia comparada de los autores citados.	81
Gráfica 12. Retención de la comparación de los autores.	83
Gráfica 13. Comparativo entre los competidores de bloques con PET	86

Glosario

AGREGADO EN LA CONSTRUCCIÓN: según la ASTM es aquel material granular el cual puede ser arena, grava, piedra triturada o escoria, empleado con un medio cementante para formar concreto o mortero hidráulico.

BLOQUES DE CONSTRUCCIÓN: un bloque de hormigón es un mampuesto prefabricado, elaborado con hormigones finos o morteros de cemento, utilizado en la construcción de muros y paredes.

RESISTENCIA DE MATERIALES: la resistencia de un elemento se define como su capacidad para resistir esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo

PET: el tereftalato de polietileno, politereftalato de etileno, polietilenotereftalato o polietileno tereftalato (más conocido por sus siglas en inglés PET, polyethylene terephthalate) es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles

RECICLAJE Y REUTILIZAR: reciclar es volver a usar el material del que está hecho un producto determinado para convertirlo en algo útil y reutilizar nos referimos a volver usar un producto nuevamente

RELLENO SANITARIO: o vertedero es un espacio destinado para la disposición final de los residuos sólidos.

CANTERA: es una explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos.

Resumen

La idea para este proyecto de investigación nació con la finalidad de minimizar el impacto ambiental que genera la explotación de materiales de agregados para construcción debido a su gran demanda que ofrece y a sus características, físicas, mecánicas y la alta resistencia al desgaste ya que al ser considerado un material “materia prima” en los diferentes procesos constructivos que se adelantan. Los bloques convencionales para mampostería, son elementos de primera necesidad en el ámbito constructivo, por lo tanto, el enfoque de esta investigación se centra en remplazar un porcentaje de la materia prima antes mencionada con un elemento no biodegradable cuya resistencia y durabilidad este acorde a la altura de material de agregados, con los que se pretende homogenizarlo y de esta manera reducir los permisos mineros que se están aprobando en Colombia.

Desafortunadamente una de los objetivos más relevante de nuestro proyecto, no se pudo llevar acabo en su totalidad ya que por la medida de aislamiento preventivo obligatorio, debido a la pandemia COVID 19 no se logró materializar el producto final “bloque de PET a base de hormigón amigable con el medio ambiente” lo cual nos hubiera dado la oportunidad de realizar las pruebas de laboratorio pertinentes para determinar el porcentaje ideal de PET y así concluir su resistencia a la compresión y definir si cumple o no con la normatividad vigente en Colombia tanto de la NSR 10 como del ICONTEC.

Abstract

The idea of this research project was born with the aim of minimizing the environmental impact generated by the exploitation of aggregate materials for construction due to its great demand and its physical and mechanical characteristics, and its high resistance to wear and tear as it is considered a "raw material" material in the different construction processes that are carried out. Conventional blocks for masonry are essential elements in the construction field, therefore, the focus of this research focuses on replacing a percentage of the aforementioned raw material with a non-biodegradable element whose strength and durability is in accordance with the height of aggregate material, with which it is intended to homogenize it and thus reduce the mining permits that are being approved in Colombia.

Unfortunately, one of the most relevant objectives of our project, it could not be carried out in its entirety since due to the mandatory preventive isolation measure, due to the COVID 19 pandemic, the final product "concrete-based PET block" could not be materialized friendly to the environment "which would have given us the opportunity to carry out the pertinent laboratory tests to determine the ideal percentage of PET and thus conclude its resistance to compression and define whether or not it complies with the regulations in force in Colombia regarding both the NSR 10 as of ICONTEC.

Introducción

El mejoramiento de los agregados para construcción de obras civiles hoy por hoy ha despertado un alto interés, en la búsqueda de mejorar la calidad y la resistencia de los materiales. En el presente proyecto se pretende incluir un nuevo producto como lo es el (Polietileno-Tereftalato Triturado PET); con el cual se mantiene el principio de sustentabilidad del planeta, contribuye con el hallazgo de nuevas alternativas tales como, minimizar el impacto ambiental que generan los residuos sólidos domiciliarios no biodegradables como lo es el plástico PET en los rellenos sanitarios, reducir en un porcentaje considerable las explotaciones mineras de materiales agregados para la construcción, disminuir el valor de comercialización de los bloques individuales para mampostería, los cuales, debido a su demanda ya están sobrepasando sus límites de consumo, esto se debe, no solo a su práctico diseño, calidad y durabilidad, sino también, a la incansable búsqueda de compuestos minerales de alta resistencia, lo cual, lo convierte en un elemento de primera necesidad en la construcción de obras civiles.

Al término de esta investigación, se discutirán publicaciones previas cuya línea de investigación este enfocada en la implementación de estas nuevas tecnologías.

Este proyecto de investigación ayudará las personas relacionadas con la ingeniería civil, no solo a que se interesen en el tema de los materiales para la construcción, sino que también les sirva como base para investigaciones afines, profundizando en sus propiedades y, por qué no, despertar el interés en experimentar con materiales innovadores que sean sostenibles y sustentables para el planeta.

Durante el desarrollo de esta investigación se da cumplimiento con los requisitos exigidos por la norma NSR-10 y de las Normas Técnicas Colombianas (NTC) de ICONTEC, se dan a conocer las posibles proporciones de los bloques hechos con triturado del plástico Polietileno-

Tereftalato mezclado homogéneamente con el hormigón, para de esta manera busca ampliar el conocimiento científico del material en estudio para futuras investigaciones en el campo de las construcciones sostenibles y de nuevos materiales. Como limitación en esta investigación, no se adicionó a los bloques de cemento con triturado de PET ninguna clase de aditivo que ayudara a mejorar la adherencia del material con el cemento, las investigaciones complementarias podrían buscar el mejoramiento de las reacciones del concreto con el material PET.

Una vez realizada la investigación se procedió a considerar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques, comparándoles con las obtenidas en estudios realizados anteriormente, tal y como se registra en los antecedentes. Además, se amplió el conocimiento científico del material en estudio para futuras investigaciones en el campo de las construcciones sostenibles y de nuevos materiales.

1. Problema

El plástico a nivel mundial es utilizado de manera cotidiana para la industria como materia prima o insumos, en la comercialización para embalajes o empaques y como uso cotidiano en muebles, accesorios, ropa, alimentos. Es por esto que el uso del plástico ha mantenido un crecimiento constante desde 1950. Siendo China y Europa los mayores productores a nivel mundial con un 40% de participación en el mercado. (Tabares Perilla, 2017, p. 14).

Según el DANE en febrero del 2016 la fabricación de productos de plástico aumentó el 7.0%.

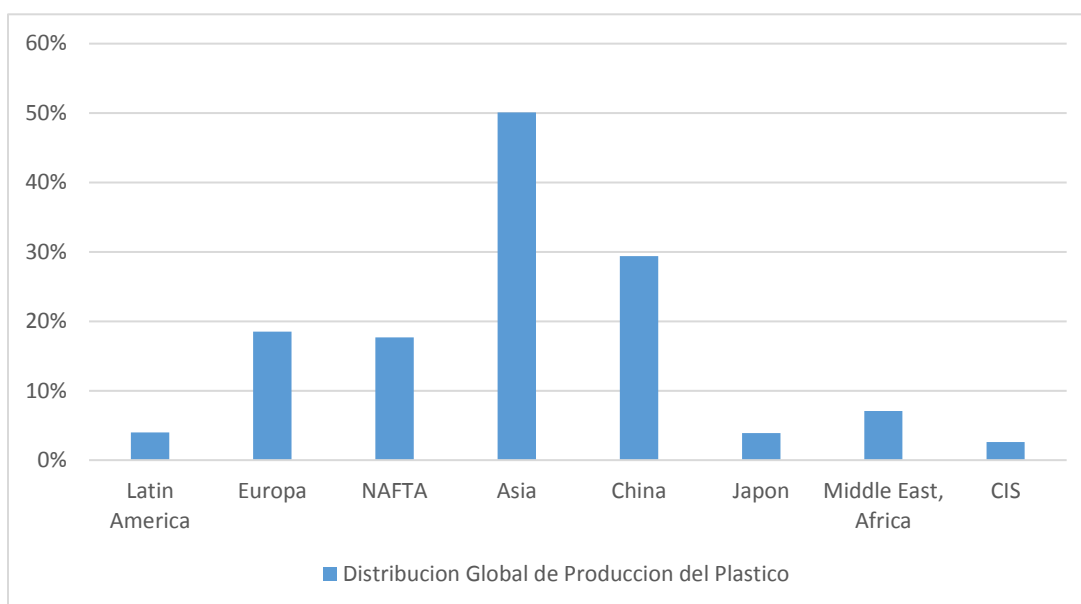
El plástico es uno de los materiales que más usan las personas en su vida diaria, desconociendo el grave daño ambiental que se hace.

En Colombia el 74% de los envases plásticos terminan en rellenos sanitarios; es decir que sólo el 26% de las botellas plásticas se reciclan, por la facilidad de adquisición y practicidad que tienen los envases PET, a través del tiempo se han convertido en productos de compra diaria, sobre todo en población joven que por su estilo de vida y diversidad de actividades diarias ven en estos productos una salida rápida para satisfacer algunas de sus necesidades. (Tabares Perilla, 2017, p. 20).

La gran demanda del plástico PET ha tomado el posicionamiento a nivel global y por el mal destino de los sobrantes está causando los problemas ambientales más graves en el mundo en todos los ecosistemas (Bravo, 2019).

Asia es la región con mayor producción de plástico del mundo, siendo responsable de la mitad de la producción mundial (51% del total). China es el principal productor del plástico con un 30% del total en 2018, seguido por América del Norte (NAFTA) con un

18%. Europa ha pasado a un tercer puesto en la producción de plástico con un 17% del total en 2018. En Europa durante 2018, más de dos tercios de la demanda de plásticos se encontró solo en seis países: Alemania (24,6%), Italia (13,9%), Francia (9,4%), España (7,6%), Reino Unido (7,3%), y Polonia (6.8%) (Greenpeace, 2018).



Gráfica 1. Distribución global de producción de plástico.

Fuente: tecnología para la sostenibilidad de los plásticos 2017.

<https://mundoplast.com/produccion-mundial-plasticos-2017/>

El plástico, tal como lo conocemos, existe desde hace solo unos 60-70 años, pero en ese tiempo transformó todo, desde la ropa, la cocina y la restauración hasta el diseño de productos, la ingeniería y el comercio minorista.

En julio del año 2017, un artículo publicado en la revista Science Advances por el ecologista industrial Roland Geyer, de la Universidad de California en Santa Bárbara, Estados Unidos, y sus colegas, calculó el volumen total de todo el plástico producido. Y el resultado fue 8.300 millones de toneladas. De ese número, unos 6.300 millones de

toneladas ahora son residuos, y el 79% de ellos se encuentra en vertederos o en el entorno natural. Esta gran cantidad de desechos fue impulsada por la vida moderna, donde el plástico se usa para muchos artículos desechables o de "uso único": desde botellas de bebidas y pañales hasta cubertería y bastoncillos de algodón. Se estima que alrededor de 10 millones de toneladas de plástico acaban en los océanos cada año (Geyer, 2017).

En 2010, los científicos del Centro Nacional de Análisis y Síntesis Ecológicos de Estados Unidos y la Universidad de Georgia en Grecia estimaron la cifra en 8 millones de toneladas, y que para 2015 aumentaría a 9,1 millones de toneladas.

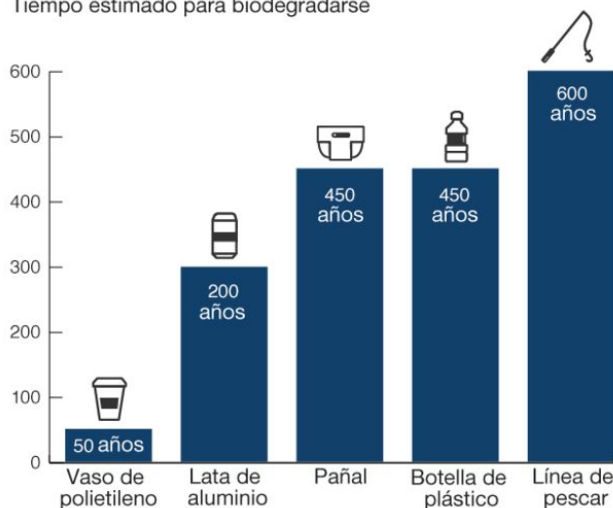
El mismo estudio, publicado en la revista Science en 2015, encuestó a 192 países costeros que contribuyen con el aumento de residuos plásticos oceánicos y descubrió que las naciones asiáticas eran 13 de los 20 contribuyentes más importantes. China encabezó la lista de países que peor administraban los desechos de plástico, pero Estados Unidos también se ubicó entre los primeros 20 y es uno de las naciones con mayor tasa de desperdicio por persona (Geyer, 2017).

La basura plástica se acumula en áreas del océano donde los vientos crean corrientes circulares, conocidas como giros, que absorben cualquier residuo flotante. Hay cinco giros en todo el mundo, pero el más conocido probablemente es el giro del Pacífico Norte.

Se estima que los desechos tardan unos seis años en llegar al centro del giro del Pacífico Norte desde la costa de EE.UU. y alrededor de un año desde Japón. Los cinco giros tienen las concentraciones más altas de basura plástica comparadas a otros sectores de los océanos. Están formados por pequeños fragmentos de plástico, que parecen colgar suspendidos debajo de la superficie, un fenómeno descrito como sopa de plástico (Geyer, 2017).

¿Cuánto duran en el tiempo?

Tiempo estimado para biodegradarse

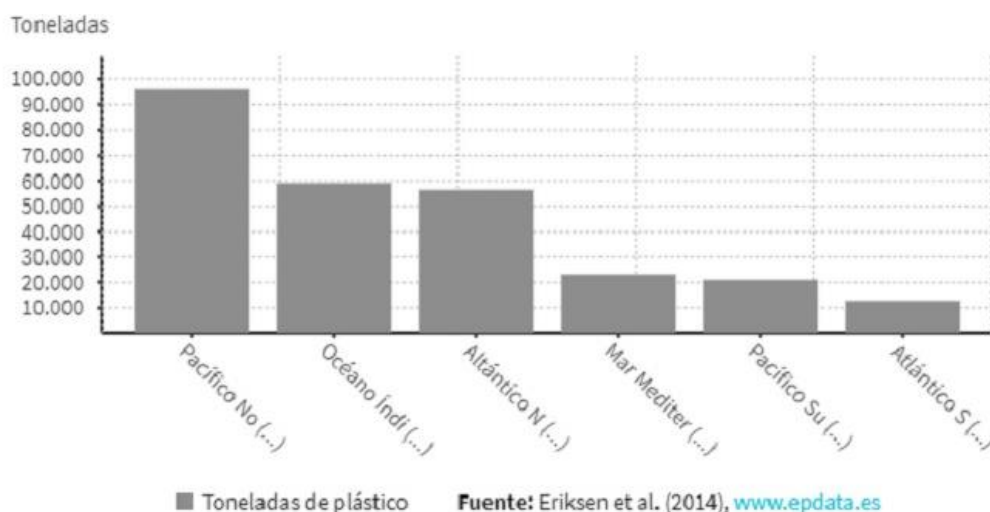


Gráfica 2. Tiempo estimado para biodegradarse

Fuente. (News Mundo, 2017)

1.1 Contaminación por continentes

Alrededor de 269.000 toneladas es la cifra de plásticos que flota en los océanos, según el cálculo de un estudio publicado en 'Plos One' por Marcus Eriksen del 'Five Gyres Institute' y sus colegas en 2014. Pero si cada año se filtran al mar más de 10 millones de toneladas y la cantidad visible en la superficie ronda los 200.000, ¿qué está ocurriendo con el resto? Esta discrepancia se conoce como 'el misterio del plástico perdido'.



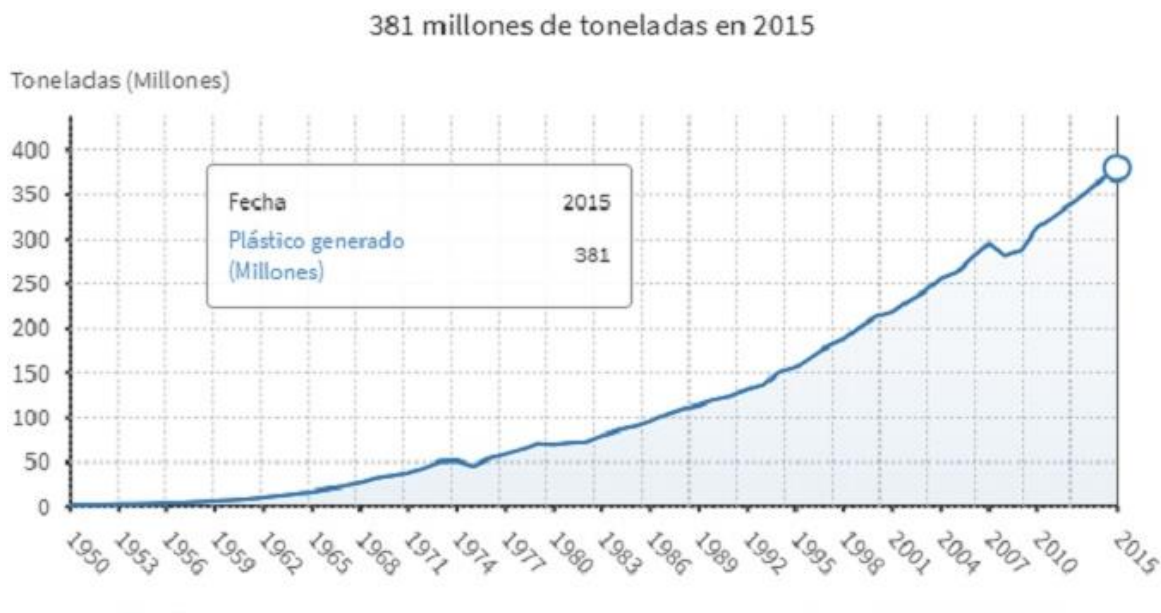
Gráfica 3. Cantidad de residuos plásticos que flotan en cada cuenca oceánica del mundo.

Fuente: Eriksen et al. (2014), www.epdata.es

Los científicos estiman que una gran parte termina en el fondo del mar después de degradarse por la acción del agua, el sol y las bacterias y convertirse en micro plásticos mucho más difíciles de rastrear. La presencia de plásticos en los océanos, ya sea en su versión íntegra o en forma de micro plásticos, provoca cada año la muerte de alrededor de 100.000 especies marinas, según los cálculos de la ONU. A pesar de que la mayoría de los plásticos se supone que quedan intactos durante décadas o siglos después de su uso, los que se deterioran acaban convirtiéndose en micro plásticos, y los peces y otros animales marinos acaban consumiéndolos; pasando de esta manera a la cadena alimentaria mundial 7.800 millones de toneladas. (Geyer, Catastrofe a nivel mundial, 2019)

Ante esta amenaza para el Medio Ambiente la ONU ha hecho un llamamiento para acabar con el "uso excesivo y el aumento del consumo de plásticos de un solo uso". Entre 1950 y 2015 se han producido alrededor de 7.800 millones de toneladas de plástico, según otro estudio publicado en la revista 'Science Advances' por el ecologista industrial (Geyer &

Otros, 2017) de la Universidad de California en Santa Bárbara, Estados Unidos, y sus colegas (Geyer, 2017).



Gráfica 4. Aumento de la producción de plástico en el mundo.

Fuente: Geyer et al. (2017), “science Advances”, www.epdata.es

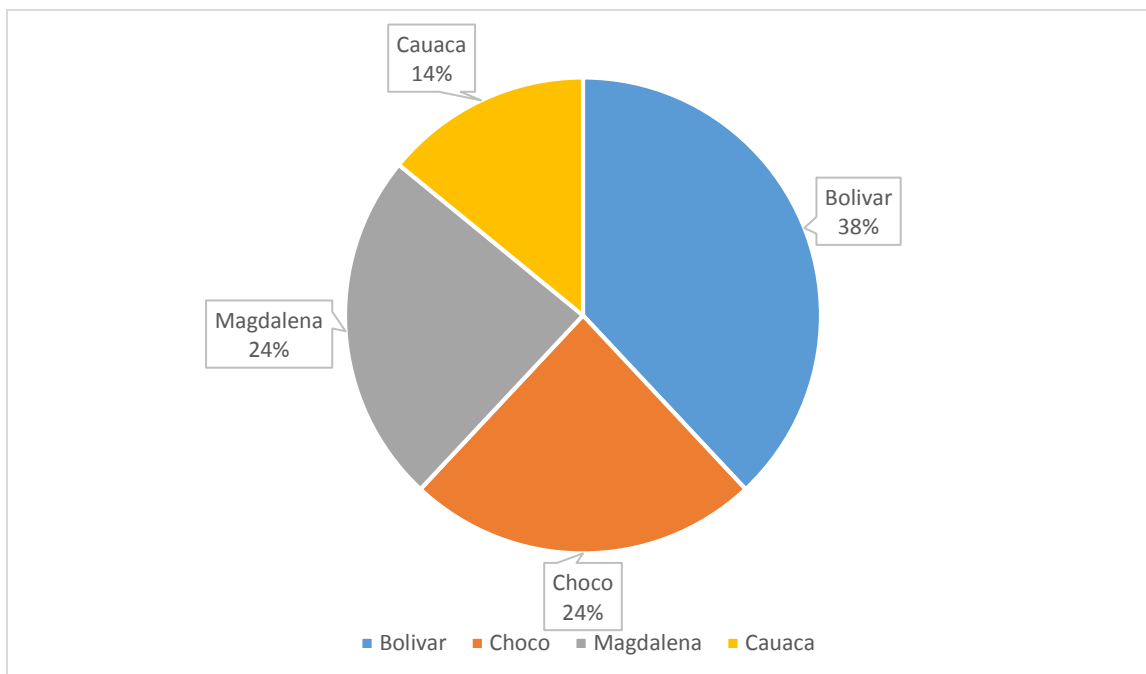
Como muestra el gráfico, el volumen de plásticos producido no ha dejado de aumentar. Sólo en 2015, los investigadores estimaron que en todo el mundo se habían producido 8.300 millones de toneladas. De ellos, alrededor de 6.300 millones son ya residuos y el 79% no se ha reciclado (Geyer & Otros, 2017).

La tendencia podría cambiar en los próximos años, o al menos ese es el objetivo de algunas iniciativas impulsadas por instituciones de todo el mundo. La Unión Europea está ultimando la aprobación de una normativa que prohibirá a partir de 2021 los artículos de plástico de usar y tirar más populares, como platos, cubiertos, pajitas para beber, bastoncillos de algodón y envases de polietileno para alimentos, con el objetivo de reducir su impacto en el medio ambiente (Geyer, 2017).

Los gobiernos del bloque comunitario han dado luz verde a esta legislación a nivel de embajadores, que ya obtuvo el visto bueno del Parlamento Europeo a finales de marzo. Estos plásticos, según cálculos de la Unión Europea, representan cerca del 70 por ciento de los desechos plásticos que contaminan las aguas y las playas del territorio comunitario y el objetivo de la medidas es erradicar el uso de artículos de plástico para los que existen ya alternativas en materiales que no dañan el entorno (Econoticias, 2020).

1.2 Contaminación en Colombia

Colombia no es la excepción en este contexto mundial y también sufre de una grave contaminación plástica. Los elementos plásticos tienen una alta penetración en el mercado colombiano. En el país, se consumen aproximadamente 24 kg per cápita, lo que implica un volumen anual de consumo en plásticos de 1.250.000 toneladas. (Green Peace, s.f.) El país genera unos 12 millones de toneladas de residuos sólidos al año y solo recicla el 17%. En el caso de Bogotá, se generan unas 7.500 toneladas al día y se reciclan entre el 14% y el 15%, incluso por debajo del promedio nacional. En Colombia el 74% de los envases va a parar a los rellenos sanitarios. Además, un colombiano usa alrededor de seis bolsas plásticas semanales, 288 al año y 22.176 en un promedio de vida de 77 años. Un colombiano habrá producido aproximadamente 1,8 toneladas de residuos plásticos al final de los 77 años de expectativa de vida. Aún existen 124 municipios altamente rurales con sitios de disposición final inadecuados.



Gráfica 5. Departamentos que cuentan con más municipios con disposición inadecuada de PET

Fuente: Greenpeace.co. http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf

Estos sitios de disposición fomentan la filtración de residuos plásticos hacia los ecosistemas colombianos. En el mercado local, compañías productoras de bebidas como Postobón, Coca-Cola o Bavaria tienen en su portafolio al menos 24 productos que son envasados en botellas con tecnología PET como aguas, gaseosas o bebidas hidratantes. Nuestros océanos están siendo utilizados como un vertedero, donde se asfixia la vida marina (Greenpeace.co, 2018)

2. Justificación

2.1 Humano

El reciclaje es una estrategia de gestión de los residuos sólidos, que genera un aumento en la mano de obra, dado que al llegar a materializarse el recurso humano que se necesitaría para llevarlo a cabo sería indispensable, debido a la necesidad de delegar funciones al personal encargado de los temas de clasificación, reciclaje y la manufactura para la elaboración de nuevos bloques, transporte para llevar el producto a clientes potenciales y demás actividades inherentes a la logística que esto conlleva.

2.2 Social

El nuevo uso de este material no biodegradable a base de PET, va a garantizar durabilidad y resistencia como un material óptimo para la construcción, generando así viviendas amigables con el medio ambiente; así mismo la vivienda gozará de un ambiente fresco gracias a las propiedades térmicas del PET y a una disminución significativa de los ruidos externos, cuyos decibeles ingresarán a la vivienda con menor intensidad debido a las propiedades acústicas propias del PET.

2.3 Ambiental

El alto grado de contaminación ambiental a nivel mundial a causa de la gran variedad de desechos no biodegradables, hace necesaria la reutilización de un porcentaje significativo los residuos sólidos no biodegradables, entre ellos el PET. Esto permitirá descongestionar los rellenos sanitarios, así mismo concientizar a las personas de no arrojar este material a los ríos, parques, bosques, alcantarillados, ni mezclarlo con residuos sólidos orgánicos. en lugar de ello, hacer un buen uso de los puntos ecológicos existentes en la actualidad para su clasificación y

posterior recuperación. Así mismo reducirá el impacto generado por las canteras debido a la explotación de los diferentes materiales y agregados para la construcción.

2.4 Tecnológico

Con la implementación de un porcentaje de PET en nuevos bloques para mampostería amigables con el medio ambiente, se traerán también las propiedades físico-químicas propias de PET, ya que cuenta con propiedades acústicas, aislante térmico y es un elemento individual más liviano; logrando así mejorar la tecnología de cada bloque, marcando con esto una diferencia significativa en comparación de los bloques convencionales.

2.5 Económico

Teniendo en cuenta que el nuevo compuesto (PET) a implementar en los bloques se obtendrá por medio de recuperación y reciclaje, se puede deducir que la inversión en cuanto a materia prima será menor en comparación con la materia prima necesaria para la fabricación de bloques convencionales, por ende, la contribución económica es la de fabricar nuevos bloques con las propiedades físicas y mecánicas exigidas por la norma y que los usuarios los puedan adquirir a un menor costo, logrando de esta manera ser competitivos en el mercado.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Hacer un análisis acerca de la posibilidad de reciclar material PET en reemplazo de una cantidad porcentual de agregado fino en la fabricación de bloques de hormigón.

3.2 Objetivos Específicos

- ❖ Recolectar la información primaria, la cual coadyudará el proceso de caracterización del envase PET Tereftalato polietileno.
- ❖ Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas del envase PET, para reciclarlo en el proceso de fabricación de un bloque de hormigón con adición de PET.
- ❖ Comparar los datos de la información primaria con los obtenidos de las propiedades físicas y mecánicas de los bloques con adición de PET Tereftalato polietileno si cumplen con la normatividad existente en Colombia.

4. Estado del arte

4.1 Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET)

Chile lidera en Latinoamérica como el país que genera mayores cantidades de residuos, reciclándose solamente el 10%, donde una gran mayoría es reciclaje de material ferroso; en 1995 la totalidad de los residuos domiciliarios se disponía en vertederos y basurales; en cambio al año 2005, más del 60% de los residuos se disponen en rellenos sanitarios. Y al año 2009 un 69% se depositó en rellenos sanitarios, 22% en vertederos y 9% en basurales (Infante & Valderrama, 2019, p. 26).

Esta tesis se tomó como referencia, ya que, sus autores propusieron la reutilización de material plástico en reemplazo del agregado fino en la fabricación de bloques de hormigón. analizaron el comportamiento técnico, formularon estadísticas para analizar su impacto económico y medioambiental que generaría esta propuesta, realizaron pruebas de laboratorio para evaluar su resistencia a través de ensayos mecánicos, llevaron el resultado económico a una comprobación de precios del mercado y calcularon su huella carbono.

Se propone la reutilización de material plástico en reemplazo del agregado fino en la fabricación de bloques de hormigón. Derivando de las propiedades de la arena, gravilla y PET que se realizaron (a partir de las Normas Chilenas NCh1223, NCh1116, NCh1239, NCh1117 y NCh1326) fueron: % de finos Densidad Aparente Compactada (kg/m³), Densidad Aparente Suelta (kg/m³), Densidad Real del árido saturado superficialmente seco (kg/m³), Densidad Real del árido seco (kg/m³), Densidad Neta (kg/m³), Absorción de Agua (%) y Porcentaje de huecos (%). Además, se determinaron las granulometrías de cada agregado según NCh165. Y el PET previamente triturado, utilizándose

exclusivamente PET menor a 5 mm. Para la confección de las probetas se utilizaron moldes metálicos prismáticos, de dimensiones 40 x 40 x 160 mm. En total se confeccionaron 60 probetas Rilem, fabricadas 12 de cada dosificación (hormigón patrón, 5%, 10%, 15% y 20% de contenido PET en reemplazo de arena). Con el estudio de las granulometrías de los áridos y del PET, se determina reemplazar un porcentaje de arena por el PET que pasa bajo el tamiz de 5mm. Posteriormente las probetas fueron trasladadas a una cámara húmeda, sumergidas en agua detenida, saturada con cal, a 23 ± 2 °C durante 28 días, hasta el momento de los ensayos (Infante & Valderrama, 2019, p. 27).

Técnicamente, luego de todo un arduo proceso de investigación los investigadores (Josefina Infante-Alcalde y Claudia Valderrama-Ulloa) egresados de la Escuela de Construcción Civil, Pontificia Universidad Católica de Chile, encontraron que las probetas de hormigón con un 10% de reemplazo PET tienen propiedades mecánicas acorde con la normativa de su país para bloques no estructurales y al ser comparado con nuestra investigación podríamos determinar que en los procesos de construcción las normas chilenas se asemejan a las normas de Colombia, claro está, requiere un estudio más afondo de todas las connotaciones que llevaron a las modificaciones y adiciones para crear e implementar dichas leyes para cada país.

4.2 Ladrillos con adición de PET. Una solución amigable para núcleos rurales del municipio del Socorro.

En este proyecto pretendió la elaboraron bloques de ladrillo con adición de PET, utilizando material reciclado provenientes de residuos sólidos generados en los mismos núcleos rurales, donde se efectuó la adecuación del ambiente de experimentación piloto y se valoraron los residuos sólidos generados en los núcleos rurales estudiados (botellas y demás residuos plásticos), materiales requeridos como insumo para la fabricación de

ladrillos; se desarrolló una alternativa de reutilización y aprovechamiento de envases plásticos, con el fin de hacer posible la implementación de un producto nuevo resistente con material reciclado, haciendo posible que las comunidades puedan convivir en un futuro no muy lejano en armonía con la naturaleza (Di Marco Morales & León Téllez, 2017).

De esta manera se puede interpretar que el enfoque de esta tesis de base en la problemática que se está presentando de contaminación del plástico donde se llevó a una alternativa de solución y aprovechamiento de materia prima, pretendiendo diseñar y elaborar bloques de ladrillos a base de PET; esta investigación es realizada con fibras poliméricas en forma de cascarilla (polietileno tereftalato PET) pasando a ser trituradas por una máquina, obtenido como resultado en forma de hojuelas donde estas pasan por el tamiz $\frac{3}{4}$ y retenidos en malla N° 4 cumpliendo con la NSR-10, donde se estudia el comportamiento de la resistencia de estos ladrillos; teniendo en cuenta a base de las otras investigaciones se puede establecer que el porcentaje que se asemeja para sacar el porcentaje adecuado a utilizar el PET está entre el 20% al 40%.

El objetivo de la investigación fue la de evaluar las propiedades de resistencia y absorción del ladrillo macizo tipo tolete adicionándole fibras plásticas reciclables e industriales (polietileno tereftalato–PET), las cuales vienen a reemplazar al material granular. Para evaluar estas muestras se compararon porcentajes del 20% de adición de PET hasta un 40%, con respecto a una muestra patrón (0% de PET).” (Di Marco Morales & León Téllez, 2017)

La elaboración de los especímenes de los diferentes porcentajes donde se procedió a realizar la mezcla para la elaboración de la misma sacando los moldes ya preestablecidos por el autor; se retiraron a las 24 horas y 8 horas después del vaciado y el curado para todos los

especímenes lo realizaron por medio seco a una temperatura de 25°C procediendo a realizar los laboratorios resistencia a la flexión, absorción de agua; obteniendo los resultados de los procedimientos ya mencionados se tiene en cuenta los parámetros establecidos en la norma NTC 2017, ya que el porcentaje de adsorción en los ladrillos elaborados con adición de PET cumplen en todas las dosificaciones que se establecieron.

Se tomó como punto de comparación los ladrillos ya existentes, es posible mejorar la capacidad de carga (módulo de Rotura, (Mr.)) de los adoquines con la adición del material reciclado PET; por lo tanto, es viable el uso del PET como materia prima reciclada para la fabricación de ladrillos, ya que no se ve afectado su resistencia y por ende el desempeño del mismo siempre y cuando, el porcentaje de PET adicionado individualmente a cada bloque se mantengan dentro del rango (20% - 40%) (Di Marco Morales & León Téllez, 2017).

4.3 Diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando Materiales a Base de PET

En esta investigación se muestra la utilización de las escamas de PET junto con el cemento como insumos principales en la fabricación de un ladrillo comercial. Este material es una nueva alternativa para producir ladrillos de construcción que podrían competir con los ladrillos usados normalmente en el sector de la construcción. Las ventajas radican en que es un producto con un impacto ambiental menor, que genera un proceso de producción limpia, ya que se eliminaría la etapa de cocido en el mismo. (Martínez Amariz & Cote Jiménez, 2014, p. 77)

Este procedimiento se llevó a cabo con la recolección de PET en diferentes lugares de Bucaramanga, procediendo a elaborar la fabricación de los bloques con las siguientes dimensiones 23x10x4 (cm) ya establecidas por el autor y fabricante; se realiza la mezcla de los

materiales proporcionando el cemento, PET y agua; se sacaron varias mezclas identificándolas como (M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9) procediendo a realizar las pruebas de laboratorio.

El peso aproximado de cada ladrillo de PET y comparándolos entre sí con los ladrillos de arcilla a los cuales se les realizó la prueba, se observa que la mezcla con mayor contenido de PET es la ideal en cuanto a peso, pero su resistencia es baja. De la misma manera, se sugiere la muestra #5, con un peso de 900 gr, y en comparación con el ladrillo de arcilla, que aproximadamente pesa 1450 gr, se resalta la diferencia de 600 gr, que sería una buena alternativa para la construcción. Análisis del costo del ladrillo Debido a que la mezcla n° 5 demuestra tener las mejores características se contemplan los costos en los cuales se incurriría en la fabricación de esta muestra; para realizar este cálculo es necesario asumir el costo del PET al valor que actualmente se encuentra en el mercado, el kg se vende en \$1500. Así que el valor unitario aproximadamente será de \$566, por lo cual se propone que esta mezcla sea la adecuada para reemplazar el material utilizado actualmente en la construcción. (Martínez Amariz & Cote Jiménez, 2014, p. 79)

Lo interesante de este proyecto es la notoria contribución que buscan los autores como aporte al medio ambiente, con enfoque de conciencia hacia el reciclaje, las escamas de PET demuestran ser un material con propiedades requeridas en el área de construcción, en tanto se deben realizar los estudios necesarios para soportar dicha teoría y poder incluir el reciclaje de PET en otras áreas de la industria, esta alternativa se está convirtiendo en una de las mayores oportunidades de negocio para toda la industria plástico. Lo cierto es que, con el factor ambiental sobre la mesa, los desafíos del reciclaje de PET tienden a convertirse en oportunidades, debido a que el 50% del material de hormigón utilizado individualmente en cada bloque será reemplazado

por PET y a su vez este mismo porcentaje será equivalente a la contribución dada al medio ambiente.

4.4 Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda

Esta investigación es de importancia, dado que en la Ciudad de Bogotá, es la ciudad que más basura genera al día en el país y una de las que menos aprovechan los residuos que botan. Esto en gran medida porque no cuenta con un esquema de separación de residuos claro, eficiente, y la ciudadanía no ha creado una cultura de reciclaje, Esto no es una condición especial de la capital. De acuerdo con el Ministerio de Medio Ambiente, en el país, de los 11,6 millones de toneladas de basura que se producen al año, sólo se recicla el 17%. Y en lo referente al plástico reciclado solo se obtiene un 9% del total de cada año. (Herrera Muriel, 2018, p. 7).

Esta investigación esta direccionada para la elaboración de ladrillos ecológicos ya que son un elemento clave que involucran alternativas de innovación y tecnología, desarrollando un nuevo material con fines constructivos; teniendo en cuenta que se debe cumplir con una resistencia especifica de acuerdo a lo que dicta la norma y una vez verificados los resultados de laboratorio, Según (Herrera Muriel, Atribucion N°Comercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5), 2018) se evidencia que los agregados de PET, con porcentaje al 10%, 20% y 25%, cumplieron con la resistencia específica requerida NSR-10. Los porcentajes de PET al 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80% se encuentran por debajo de la resistencia, por lo cual se descartan estas muestras.

Con la presente tesis lo que se quiere evidenciar en los ladrillos desarrollados utilizando material PET reciclado son una alternativa posible para la ejecución de cerramientos de

construcciones, más ecológica, económica, liviana y de mejor aislación térmica que la mampostería de ladrillos comunes de arcilla cocida que se utilizan tradicionalmente en nuestra región.

Por ser una tecnología simple los elementos constructivos desarrollados son especialmente aptos para viviendas y construcciones de interés social. Generan además una fuente de trabajo para personas de escasos recursos, tanto en las etapas de recolección de la materia prima, elaboración de los elementos constructivos y el montaje de las viviendas.

la utilización de bloques con agregado PET abaratan los costos de construcción dado que no requiere de mano de obra calificada para su implementación, incluso puede ser autoconstruido por las familias que vivirán en ella. Los materiales a emplear también resultan más económicos por tratarse de residuos que no requiere de su extracción y procesamiento. Por lo tanto, es un material altamente competitivo en el mercado.

4.5 Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas

En este artículo se plantea la fabricación de ladrillos de plástico fundido con virutas producto del mecanizado como un elemento constructivo. En este trabajo el material utilizado es el polietileno de tereftalato, mejor conocido como PET donde se evidencio que los ladrillos fabricados con este material permitieron comprobar y obtener una buena resistencia mecánica a la compresión, en comparación con ladrillos convencionales. Por otra parte, ayudan a reducir la contaminación ambiental. Es una propuesta autosustentable debido a que se utilizan como materia prima materiales reciclados (PET y virutas metálicas), promoviendo el uso de los recursos disponibles, en lugar de quemarlos o desecharlos.

Para la primera fase de pruebas, se utilizaron 720 g de polímero PET y 240 g de virutas metálicas producto del mecanizado, a una temperatura inicial fuera de la caldera (olla) de 126°C

y una temperatura de 70 °C dentro del recipiente, a la que un material como este se funde. Para la segunda fase, se utilizaron tres composiciones: 800 g de plástico y 100 g de virutas metálicas, 1000 g de plástico y 125 g de viruta, 800 g de plástico y 200 g de viruta. Todas las pruebas se realizaron a 126°C en la superficie de la mezcla.

Durante la fabricación de los ladrillos de PET con virutas de metal se emplearon distintos métodos artesanales, considerando el tiempo de solidificación, la proporción de los materiales y composición de los mismos, así como el efecto del tiempo y medio de enfriamiento empleado. Con base en los estudios y experimentaciones realizadas, se puede determinar que el PET en conjunto con las virutas metálicas en su totalidad presenta características constructivas con la que se observan las propiedades mecánicas a compresión del mismo. Se requiere realizar más ensayos para validar los resultados preliminares obtenidos como parte de este estudio (Maure, Candanedo, Madrid, Bolobosky, & Marin, 2018).

La importancia de esta tesis radica en brindar un material alternativo de construcción de vivienda a bajo costo, liviana, fácil de transportar que no requiera mano de obra calificada y sea amigable con el ambiente. Para poder atender las necesidades de vivienda de las futuras generaciones y para proteger el ambiente de nuestro planeta, nuevas formas de “construcción de auto-ayuda” deben ser consideradas y adoptadas. La facilidad del procesamiento y, el poco peso que caracteriza a los polímeros, además de su fuerza y durabilidad, hacen que estos materiales resulten ideales para satisfacer los requerimientos del sector. Estos polímeros ofrecen cada vez más ventajas y brindan eficiencia a lo cotidiano.

Las pruebas realizadas a este bloque en especial fueron mecánicas “empíricas” lo cual indica que fueron sometido a cargas puntuales para observar su resistencia determinando así su

capacidad portante por medio de inspecciones visuales, los autores recomiendan realizar los ensayos correspondientes (prueba de laboratorio) para concluir su resistencia óptima.

4.6 Aplicación de plástico reciclado en elementos a base de cemento.

La investigación buscó desarrollar elementos constructivos elaborados con plásticos reciclados, como ladrillos, bloques y placas. El proceso de elaboración fue el mismo que se utiliza para la elaboración de bloques con hormigón. La diferencia radica en que en estos bloques ecológicos se reemplazan los agregados áridos por material plástico reciclado triturado. Igualmente, describe y evalúa el impacto ambiental que es generado por la contaminación que ocasiona este tipo de materiales a nivel local. Examinó los materiales más usados en la construcción de viviendas en Argentina, arrojando como resultado, de dicho censo, al ladrillo como el más utilizado, al igual que al bloque u hormigón con revoque, entre otros. Al mismo tiempo, tuvieron en cuenta la problemática que se presenta con la elaboración de los ladrillos tradicionales, el cual radica en la difícil renovación del suelo del cual se explota, resultado de miles de años de formación. En los análisis de resultados se hicieron pruebas para verificar la calidad de los bloques elaborados con dichos elementos (plástico reciclado y cemento), los cuales se compararon con los ladrillos de elaboración tradicional. Lograron concluir que los costos de elaboración son muy parecidos al de los ladrillos tradicionales, esto se debe al costo de la trituración del plástico, base principal de los ladrillos ecológicos. Sin embargo, al momento de lanzar un proyecto a gran escala se deben buscar formas de optimizar el costo del triturado de este material, redundando en una disminución de los costos de producción. También cabe resaltar que el plástico al ser más liviano presenta dos grandes ventajas: disminuye la inversión en cimentaciones de la edificación y el ahorro de energía gracias a sus

propiedades como aislante térmico, generando beneficios a largo plazo (Herrera Muriel, Atribucion N°Comercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5), 2018, p. 44).

Esta investigación, en términos generales, se asemeja a los estudios realizados por Gaggino, Arguello y Berretta, por ende, los resultados obtenidos son una buena referencia al momento de la revisión de los que se obtengan tras la realización de los ensayos. Las limitaciones de referencia radican, en primera medida, es que las normas técnicas varían de acuerdo al país de aplicación o desarrollo del estudio, es decir, que no se aplican en la investigación analizada las Normas Técnicas Colombianas (NTC) del ICONTEC. En segundo lugar, se observa que los costos de trituración del material base son distintos debido a que la moneda empleada en el país del estudio no es igual al peso colombiano, generando incrementos significativos en el cambio tarifario. Por otro lado, sólo sustituyeron los agregados tradicionales, formando una mezcla entre el triturado de PET y el cemento.

Si bien es cierto que se debe cumplir con una resistencia específica de acuerdo a lo que dicta la norma y una vez verificados los resultados de laboratorio, se evidencia que los agregados de PET, con porcentaje al 10%, 20% y 25%, cumplen con la resistencia específica requerida.

Cuadro 1. Datos técnicos del plástico PET

PROPIEDAD	UNIDAD	VALOR
Densidad	g/cm ³	1,34 – 1.39
Resistencia a la tensión	Mpa	59 – 72
Resistencia a la compresión	Mpa	76 – 128
Resistencia al impacto, Izod	J/mm	0.01 – 0.04
Dureza		Rockwell M94 – M101
Dilatación térmica	10 ⁻⁴ / °c	15.2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)		3.65
Absorción de agua (24 h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar		Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado		Excelente
Calidad óptica		Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°c	244 – 254

Datos obtenidos de la investigación (Fuente: Industria del Plástico. Plástico industrial. Richardson&Lokensonsgard)

4.7 Caracterización experimental de Ecoladrillos de Tereftalato de Polietileno (PET).

Este documento aborda el tema del reciclaje de residuos plásticos considerando la viabilidad del uso de Eco-ladrillos para fines de construcción, estos Eco-ladrillos se forman mediante el embalaje de plástico dentro de Tereftalato de polietileno (PET) en botellas. Se proporcionaron lineamientos para la construcción de estos Eco-ladrillos donde los experimentos

fueron llevados a cabo para caracterizar algunas de las propiedades de estos ladrillos. Se realizaron pruebas de compresión, aislamiento acústico evaluación y transmisión de la luz, finalmente se realizó una comparativa con el comportamiento de la construcción tradicional materiales y condiciones, además se discutieron posibles aplicaciones de los Eco-ladrillos.

Esta investigación muestra el proceso de los Eco-ladrillos, donde básicamente se forman compactando bolsas de plástico de desecho dentro botellas plásticas (PET). Un ejemplo de tales botellas se presenta en las siguientes figuras:



Figura 1. Ejemplo de un ecoladrillo.



Figura 2. Desarrollo de Eco-ladrillo a través de la recolección de botellas PET.

(a) Botella de PET, (b) Recolección de desechos de plástico, (c) Embalaje de residuos plásticos dentro de botellas de PET y (d) Cierre Botellas de PET con un tapón de rosca.

Esta tesis está fundamentada en una alternativa de construcción basada en la utilización de botellas PET comprimido, realizando un solo bloque macizo, En cambio nuestra investigación se enfoca en utilizar el PET como aditivo a una mezcla de hormigón mas no utilizarlo como un único compuesto.

4.8 Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (PET) – Cemento.

Dentro de este trabajo experimental, se establecieron tareas de elaboración de muestras, tomas de ensayos y caracterización de Mezclas de Tereftalato de Polietileno (PET) y Cemento. Para ello se estableció una metodología basada en una investigación teórico-práctica que ayudase a determinar de manera preliminar el posible comportamiento del plástico proveniente de las botellas de gaseosas al utilizarlo como agregado en una mezcla. Las mezclas de PET – Cemento realizadas están conformadas por 5%, 10% y 15% de PET además de arena y piedra, en proporciones que dependen del tipo de mezcla, es decir, si es para mortero o para concreto. Se utilizaron tres diseños de mezclas en donde se sustituyó parte de la arena por el plástico. Para determinar las propiedades mecánicas y de durabilidad de las mezclas realizadas se elaboraron una serie de probetas que tuvieran las características ideales para los respectivos ensayos tanto de compresión simple, como de absorción, erosión e impacto. Las mismas se curaron por 7 días, luego se almacenaron hasta los 28 días para realizar los ensayos anteriormente mencionados exceptuando los de absorción y erosión que se debían hacer a los siete días. Desde el punto de vista de resistencia y durabilidad; a compresión simple, la mezcla B (concreto con un 15% de PET) es la que se considera la más apropiada ya que resultó ser en promedio la más resistente aun

cuando no sea la mezcla más homogénea. (Herrera Muriel, Atribucion N°Comercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5), 2018, p. 50).

Para concluir este proyecto de investigación se basaron en la determinación de la dosificación de cada uno de los materiales utilizados para lograr una mezcla óptima; (PET, cemento, arena, piedra y agua) que pudiera servir más adelante como material de construcción de obras civiles y como un nuevo método de disposición final de los residuos de PET.

En relación con las publicaciones previamente mencionadas observamos como los autores de esta investigación en particular encuentran el 15% de pet como porcentaje óptimo para la fabricación de nuevos bloques lo cual es interesante ya que la gran mayoría de investigaciones está en un rango promedio entre el 20 y 30%, cabe anotar que entre mejor se a la dosificaciones del pet no varía notoriamente su resistencia en compactación a los bloques convencionales por lo tanto lo que se pretende con nuestra investigación es alcanzar el máximo porcentaje de adicción de pet posible para que así mismo la contribución a la problemática ambiental plateada sea mayor.

4.9 Ladrillo Ecológico como material sostenible para la construcción

La finalidad que buscaba el proyecto con base a los autores fue el desarrollar ladrillos ecológicos de carácter puzolánica mediante la incorporación de residuos procedentes del cultivo del arroz, y con bajo coste energético además de económico. Mostraron los diferentes ensayos de resistencia a la compresión simple, donde comprobaron los niveles de resistencia con diferentes combinaciones del 5, 10 y del 15% de cemento con sus respectivas edades de curado: 1, 7, 14, 28, 56 y 90 días, en donde la resistencia era mayor conforme avanza la edad del curado; además de los resultados que obtuvieron en los ensayos de absorción a partir del séptimo día de curado junto con los aditivos que emplearon. El ecoladrillo además de una buena apariencia responde a

criterios ecológicos y sostenibles ya que requiere un bajo nivel de energía para su fabricación y se elimina la emisión de CO₂ a la atmósfera al ser ladrillos que no requieren de cocción. (Cabo Laguna, 2011, p. 4)

Esta investigación hizo los siguientes aportes. a) siempre que no se sature la mezcla con cenizas se obtendría una resistencia más alta del ecoladrillo y al ser combinada con las cascarillas de arroz su resistencia tiende a disminuir.

b) El resultado obtenido del ensayo de heladicidad dio la recomendación de proteger los ladrillos para así evitar la desecación brusca y garantice la humedad propia de cada probeta sin que la pérdida de peso supere el 8% ya esperado.

c) Con respecto al diseño de ladrillos con arcilla, cal hidráulica natural y cenizas de cascara de arroz se debe tener en cuenta el propósito final del producto dado que cada uno da propiedades mecánicas diferentes y el comportamiento este más en relación a mampostería, tabiquería interna, debido a la baja densidad y excelentes propiedades como material portante e incluso como buen aislante.

4.10 Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura

Tuvo como objetivo, identificar el proceso de producción de las unidades fabricadas en el departamento de Piura donde ellos establecieron algunos valores referentes de las propiedades, características, clasificación de la unidad de albañilería en ello su preparación y fabricación. Aquella investigación menciona la norma que indica los requisitos que deben cumplir los ladrillos de arcilla destinados para uso en albañilería estructural y no estructural, estableciendo los métodos de ensayo para determinar la variación de dimensiones, alabeo, resistencia a la compresión, densidad, módulo de rotura, absorción máxima, coeficiente de saturación, succión y eflorescencia de los ladrillos de arcilla usados en albañilería.

Los procesos utilizados de cocción diferenciaron la intensidad de quemado y el enfriamiento de los bloques donde evidencian que a mayor cocción se disminuye la resistencia de cada unidad de igual manera en el proceso de enfriamiento rápido, provoca una rotura o agrietamiento de la unidad, lo cual disminuye la resistencia.

En el caso de los ladrillos semi-industriales las variaciones que se pueden observar son mínimas. En la etapa de secado podría verificarse que las unidades no sufren mayores variaciones cuando son depositadas en el tendal, puesto que el moldeo se produce en las prensas extrusoras y no tienen que ser desmoldadas de gaveras, como sí sucede en las unidades artesanales. (Barranzuela Lescano, 2014, p. 58)

En esta investigación se dedujo que de acuerdo a los resultados que obtuvieron en los ensayos de succión, los ladrillos artesanales como los semi-industriales deben estar saturados antes del uso, sin embargo, los elaborados de manera semi-industrial son humedecidos minutos antes de ser colocados debido a que su venta se hace de forma industrial con la suposición de cumplir con las normas de construcción de dicho país. Es por ello que los autores tuvieron de base varias investigaciones acerca de los procesos de extracción y caracterización de las propiedades de la tierra con la cual se fabrican los ladrillos artesanales y semi-industriales como lo referencian en la tesis desarrollada en 1995 por el señor Francisco García donde comentan que el énfasis fue las diferentes propiedades de cada unidad elaborada mas no en el proceso de producción por lo cual decidieron dividir el trabajo en tres capítulos en donde primero conceptualizaron, para luego enfocarse en la producción y por ultimo las características de los ensayos de laboratorios junto con los resultados que buscaban.

Cuadro 2. Resistencia a la compresión.

Piura			
Muestra	Área bruta (cm ²)	Carga máxima (kg)	Esfuerzo máximo a compresión (kg/cm ²)
1	262,69	12675,06	48,25
2	269,47	11729,16	43,53
3	255,37	13053,42	51,12
4	263,76	15323,58	58,10
5	262,52	13242,60	50,45
		Promedio	50,29

Fuente: Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura.

Valor de resistencia a la compresión en el diseño artesanal para considerarse en 50 kg/cm².

4.11 Ladrillos de concreto con plástico PET reciclado

Esta investigación tuvo como finalidad principal en determinar las propiedades físico mecánicas, de ladrillo de concreto con plástico PET reciclado, según los autores lo establecieron bajo la norma E. 070 del reglamento nacional de edificaciones de Perú.

Esta es una tecnología constructiva donde se puede considerar que no se requiere grandes gastos de energía, no causa desechos ni contaminación, al medio ambiente; en cambio generando un impacto positivo al ecosistema. La estructura de esta investigación de Perú tuvo como finalidad en determinar las proporciones óptimas de los agregados en la mezcla de concreto; donde ellos procedieron a agregarle a la mezcla plástico PET reciclado, triturado; cuyo propósito era tener un resultado en forma de hojuelas.

Posteriormente se procedió a agregar a la mezcla de ladrillo de concreto vibrado hojuelas de plástico PET reciclado en porcentajes crecientes de 0%, 3%, 6% y 9%, obteniéndose

cuatro tipos de ladrillo, a éstos se les realizó diferentes ensayos a los 28 días de edad para determinar sus propiedades físico mecánicas; siendo la propiedad principal en la clasificación de las unidades de albañilería la resistencia a compresión, Se estudiaron las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto vibrado producidos con agregados del río Chonta, de la cantera Roca Fuerte y el reemplazo porcentual de agregados por hojuelas de plástico PET reciclado con el fin de determinar la idoneidad de esta alternativa para la industria de la construcción (Llique Mondragon, 2017, p. 1).

Se obtuvieron resultados cuyos valores de este procedimiento, teniendo en cuenta que se toma la comparación del bloque 0% convencional, y ellos dicen que los porcentajes (3% 6% 9%) no supera la resistencia mostrando una disminución máxima con relación al convencional; con esto se puede concluir que de acuerdo con los ensayos de variación dimensional, alabeo, absorción y resistencia a compresión de las unidades de albañilería, resistencia a compresión axial de pilas, resistencia a corte de muretes de albañilería, todos los tipos de ladrillo de concreto vibrado con hojuelas de PET reciclado cumplen con los requerimientos de la norma E.070:2006; pero no mejoran las propiedades mecánicas de los ladrillos de concreto con porcentaje de PET adicionándole hojuelas de plástico no mejoran.

4.12 Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la fabricación de ladrillos vibro compactado de cemento.

La finalidad de los autores fue el dar una alternativa para la construcción de viviendas a base de ladrillos con plástico de reciclaje (PET); por ser livianos, económicos y ecológicos, cumpliendo con los parámetros establecidos en la norma E-070 del RNE para ladrillos tipo I. debido a que las unidades de albañilería, elaboradas con plástico reciclado (PET) con la adicción de un 55% del peso del cemento, les redujo su peso en un 10% (460gr aprox.), en relación a los

ladrillo convencionales o guías. Los costó elaborados mostraron ser más económico y evaluaron la capacidad resistencia última de cada elemento donde pudieron inferir que existió gran variabilidad en todos dependiendo del material seleccionado dada la contaminación que pueden tener al ser un material de plantas de reciclaje y botaderos municipales debido a que no existe homogeneidad en la materia prima varían las propiedades de resistencia para los diferentes usos a los cuales sería sometidos. El diseño que realizaron para la unión de vigas, columnas fue capaz de soportar momentos a cargas gravitacionales y horizontales, pero no pudieron demostrar la resistencia en rotaciones y desplazamientos lo que ocasionaría falla por deflexiones excesivas y falla por separación entre bloques Brickarp®.

El costo del ladrillo con plástico reciclado es económico por la abundante materia prima que existe en nuestro medio; no se requiere de mano calificada para su fabricación, y por qué no se necesita de una costosa infraestructura. (Arrascue Bazan, Einer Javier; Cano Herrera, Marx Engels, 2017)

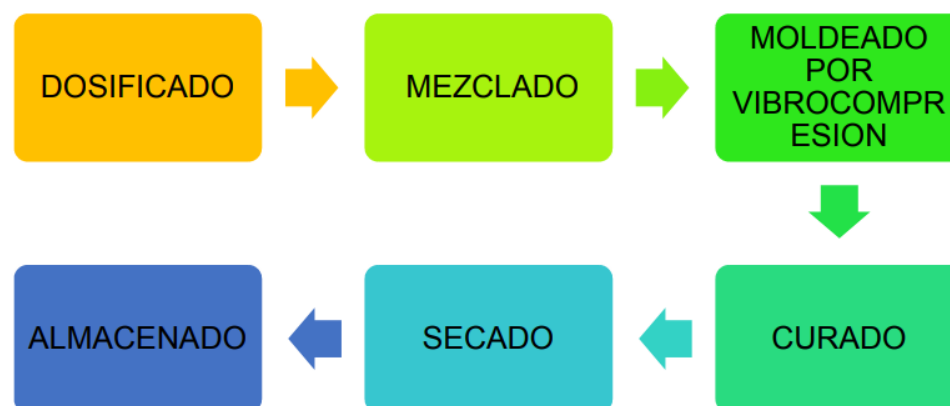


Figura 3. Elaboración de las Unidades de albañilería.

Fuente: Proceso de fabricación de ladrillos Vibrocompactado de Cemento

Para cada una de las construcciones de las pilas se descartaron todos aquellos envases que presentaban fisuras, las demás unidades aptas para el proceso fueron cubiertas con mortero llegando a tener un grosor de 1,5 cm y posteriormente someterlos a los ensayos de laboratorios según la norma E-070 y NTO 339.605 referenciando que el ladrillo patrón presenta mayor densidad y por ende mayor resistencia en los laboratorios a compresión que los ladrillos con adición de PET siendo este más económico debido a la factibilidad de obtención del material sin recurrir a mano de obra calificada..

4.13 Usos de bloques de plástico reciclado para vivienda de interés social para mejoramiento de su micro-clima, plan “socio vivienda”

La Tendencia del mundo Contemporáneo, es darle la importancia al Reciclaje; debido a la Contaminación Ambiental, entre los efectos está el debilitamiento de la capa de ozono, ocasionando cambios dramáticos en el clima alrededor del mundo. (Tolozano Zuñiga, 2016)

Los investigadores desarrollaron, tecnologías para brindar una mejor utilidad a los desechos no biodegradables; minimizando de esta manera la contaminación del plástico Tereftalato polietileno (PET) entre los cuales lograron la productividad de Bloques de Plástico Reciclado como contribución para nuevas alternativas de Materiales en la Construcción generando al cuidado del Medio Ambiente, ahorro de Energía Eléctrica, Costos de Construcción.

Ellos utilizaron bloques de Plástico Reciclado de (20x20x40) para construir una losa de cubierta tradicional, resultando más liviana que la tradicional ya que el BPR es de bajo peso. · Un prototipo de vivienda en barrio Villa Siburu, ciudad de Córdoba. Los componentes constructivos elaborados con materiales plásticos reciclados ofrecen mayor aislación térmica que los tradicionales: una pared de 15 cm de espesor construida con

ladrillos de PET brinda la misma aislación térmica que una pared de 30 cm de espesor construida con ladrillos comunes. · Las terminaciones de los muros construidos con ladrillos o bloques de PET reciclado fueron iguales que las de viviendas convencionales (revoque común), por lo que presentaron las mismas condiciones de higiene. · Los componentes elaborados con PET reciclado revocados son resistentes a la intemperie (Tolozano Zuñiga, 2016).

El resultado de esta investigación nos guía a la implementación de nuevos conocimientos para el uso de nuevos bloques como solución innovadora, constructiva, ecológica y sobre todo de un bajo costo donde lo hace más eficiente y relevante para la evolución de nuevas tecnologías. Teniendo en cuenta que para la construcción de una vivienda de interés social sus paredes son de 15 cm de espesor según la mezcla tradicional y con esto se obtiene que la elaboración de bloques con adición de PET lo hace más resistente a la aislación térmica y acústica y para una pared con estas propiedades del PET solo requiere tener 7 centímetros de espesor.

4.14 Evaluación comparativa de las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto no estructurales con la sustitución de agregados pétreos por agregados PET en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% curados por inmersión y comparados con un bloque de concreto patrón.

Se realizó esta investigación utilizando una metodología cuasi-experimental, que consistió en la elaboración de bloques de concreto no estructurales de 30cm.x20cm.x12cm. los cuales fueron elaborados sustituyendo los agregados pétreos por botellas de plástico de Tereftalato de polipropileno (PET) picadas en un molino mecánico; estas sustituciones fueron en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%. Durante el proceso de elaboración de los bloques de concreto se consideró una dosificación en volumen de 1:5:2

(cemento: agregado fino: agregado grueso), producidos en una fábrica artesanal utilizando moldes metálicos instalados sobre una mesa vibradora y curados por inmersión (Tuero Rojas & Lopez Jara, 2016)

Esta tesis tiene como finalidad la sustitución de agregados pétreos por agregados PET en los bloques de concreto no estructurales logra un incremento en la resistencia a compresión y una disminución de las propiedades físicas respecto al bloque patrón. Teniendo como alternativa de mejora para la construcción civil cumpliendo con la norma técnicas Peruanas E 070, disminuyendo el impacto ambiental que se presenta en Perú.

Ellos determinaron que, para los respectivos laboratorios de resistencia a la compresión, absorción, densidad; se realizaron 6 bloques por cada variación de porcentaje de (5%, 10%, 15% 20%, 25%, 30% y el bloque patrón según la norma 399.604 “Unidades de Albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto”

Proceso de laboratorio que realizaron: La dosificación para esta investigación es de 1: 5: 2 (cemento-agregado fino agregado grueso), el proporcionamiento se hizo por volumen utilizando un balde de 20 litros que equivale a 0.02 m³. Se inició previamente mezclando los agregados y el cemento en seco para luego introducirlo en el trompo y enseguida agregarle el agua hasta obtener una mezcla de color uniforme aproximadamente entre 2 y 3 minutos. Obtenida la mezcla se procedió a vaciarla dentro del molde metálico colocado sobre la mesa vibradora; el método de llenado se debe realizar por capas y con la ayuda de una varilla se puede acomodar la mezcla. El vibrado se mantiene hasta que aparezca una película de agua en la superficie, luego del mismo se retiró el molde de la mesa y se llevó al área de fraguado, con la ayuda de pie y en forma vertical se desmoldó el bloque. Luego de haberlos fabricado los colocamos sobre tablas de madera que funcionan como base

para dirigirlos a la zona destinada para el fraguado protegida del sol y vientos que nos garantizó que los bloques fraguaran sin secarse esto quiere decir sin perder rápidamente el agua de mezcla; todas las unidades fraguaron durante 24 horas. El curado de los bloques consistió en mantener los bloques húmedos para permitir que continúe la reacción química del cemento, con el fin de obtener una buena calidad y resistencia. Por esto el curado fue por inmersión, así que se sumergieron todos los bloques en pozos llenos de agua durante 21 días. La zona de secado fue totalmente cubierta para que los bloques no se humedezcan hasta el día de los ensayos respectivos (Tuero Rojas & Lopez Jara, 2016)

Después de ellos realizar los bloques con las adiciones de Tereftalato Polietileno (PET), se procede la elaboración de los laboratorios haciendo comparación de la misma bajo la norma Peruana y se encuentran que para la resistencia a la compresión los porcentajes del 5%, 10% y 15% cumplen en comparación con el bloque patrón mostrando una mejor curva a la resistencia de compresión. En cuanto a la absorción los bloques con porcentajes de 5%, 10%, 15%, y 20% cumplen. Concluimos que el porcentaje óptimo para la elaboración de bloques remplazando la arena por un porcentaje de PET es el 15% ya que tiene propiedades físicas relativas al patrón 0% y es viable para la construcción civil.

4.15 Construcción con botellas recicladas (PET)

En este artículo encontramos un tipo de construcción donde su materia prima se logra a través del reciclaje, utilizando para ello las botellas de desecho, donde básicamente funcionan como un sistema de mampostería, remplazando el ladrillo tradicional por botellas “eco-ladrillos” y estas pueden ser de plástico PET (Polietileno Tereftalato) o de vidrio; éstas últimas pueden generar luminosidades y efectos de colores diferentes en muros no estructurales. Este proyecto además de crear un aspecto positivo para el medio

ambiente con la reutilización de basura, brinda una estructura resistente, de bajo peso y garantiza las condiciones térmicas adecuadas, permitiendo dar acceso a la vivienda a familias o comunidades con bajos recursos (Herrera Muriel, Atribucion N°Comercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5), 2018, p. 49).



Figura 4. Reutilización de botellas de desecho.

El proceso es sencillo: recolectar las botellas, llenarlas con tierra, arena, escombros finos o bolsas de plástico, sellarlas, amarrarlas con cuerda o nylon para conformar una red y luego incorporarlas al muro a través de una mezcla que – para lograr mayor firmeza y duración – puede ser en base a tierra, arcilla, aserrín y cemento. En muros estructurales es muy importante el relleno de las botellas, para asegurar su resistencia a largo plazo, y hacerles una pequeña perforación para permitir la respiración del material de relleno. Las botellas se tienen que disponer perpendiculares al muro y alternadas entre ellas, con sus tapas y fondos en diferentes direcciones.

5. Marco Teórico

El marco teórico que establece esta investigación suministrara al lector una idea más clara acerca de este tema. Se hallarán los conocimientos básicos y complementarios que ayudarán a la fácil interpretación del mismo.

5.1 Tereftalato de polietileno (PET)

El polietileno tereftalato (PET), es un polímero plástico, lineal, con alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, por lo que lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado. Es extremadamente duro, resistente al desgaste, dimensionalmente estable, resistente a los químicos y tiene buenas propiedades dieléctricas.

Por otra parte, es un plástico del grupo de los materiales sintéticos denominados poliésteres. Químicamente, es un polímero obtenido a través de una reacción de policondensación entre ácido tereftálico (PTA) y monoetilenglicol (MEG). Sus propiedades más relevantes incluyen una alta transparencia y resistencia al desgaste, un gran coeficiente de fusión y resistencia térmica y química, es liviano, prácticamente irrompible y 100% reciclable. Su cristalinidad varía de amorfa a altamente cristalizado: puede ser muy transparente e incoloro, pero las piezas gruesas tienden a ser opacas y turbias. Estas propiedades han llevado a la importancia del PET en los campos de textiles sintéticos, envases, botellas, bandejas y materiales en láminas, entre otros (Acoplasticos, 2020).

5.2 Cómo se fabrica una botella de PET

Las máquinas para producir estos envases tienen una producción ininterrumpida, con ciclos cortos y ahorros en costos de producción, mano de obra y gastos fijos.

Paso 1: El PET se fabrica mediante la combinación de un compuesto orgánico inodoro e incoloro llamado etilenglicol con ácido tereftálico.

Paso 2: La resina de PET se funde para crear una figura similar a la de un tubo de ensayo, diseñada con la capacidad de tomar cualquier forma o grosor. La apertura del cuello de la botella ya está presente en su forma final y recibe la tapa al culminar el proceso de fabricación. Este tubo se denomina preforma, es la primera figura y se produce mediante un proceso de alta velocidad llamado moldeado de inyección.

Paso 3: Cada preforma se calienta en un horno a una temperatura de alrededor de 100 °C. El calentamiento ablanda la preforma y la hace elástica, lo que permite estirarla y soplarla para que tome la forma del molde. Todo esto se realiza en una sopladora, equipos que se presentan en variados modelos para adaptarse a las necesidades específicas de fabricación como la velocidad de producción y el proceso.

Apenas se sopla la botella, se la debe enfriar inmediatamente para asegurarse de que mantenga su forma.

Paso 4: Luego, la botella de PET recién creada se llena con la bebida (Blow Molding International, s.f.).

5.3 El reciclaje mecánico

Se basa en el tratamiento de los residuos plásticos mediante métodos físicos de purificación y la reducción de los mismos a escamas de PET, los cuales pueden ser extrudidos y granulados en forma de pellets. El producto obtenido presenta propiedades inferiores al PET virgen y la imposibilidad de ser utilizado nuevamente en envases que estén en contacto con alimentos por el grado de contaminación que presenta. (Tecnología de los Plásticos, 2011)



Figura 5. Reciclado mecánico con mezcla de materiales.

Fuente: tecnología de plastic

Usos:

La participación del PET dentro de este mercado es en:

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

El uso del PET en el segmento electro-electrónico

Este segmento abarca diversos tipos de películas y aplicaciones desde las películas ultra delgadas para capacitores de un micrómetro o menos hasta de 0.5 milímetros, utilizadas para aislamiento de motores. Los capacitores tienen material dieléctrico una película PET empleada para telecomunicaciones, aparatos electrónicos entre otros.

El uso del PET en las fibras (telas tejidas, cordeles, etc.)

En la industria textil, la fibra de poliéster sirve para confeccionar gran variedad de telas y prendas de vestir. Debido a su resistencia, el PET se emplea en telas tejidas y cuerdas, partes para cinturones, hilos de costura y refuerzo de llantas. Su baja elongación y alta tenacidad se aprovechan en refuerzos para mangueras. Su resistencia química permite aplicarla en cerdas de brochas para pinturas y cepillos industriales (Quiminte.com, 2013).

5.4 Cambio Climático

El documento de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre Cambio climático, en la sección sobre Intercambio y Examen de los Informes Nacionales permite destacar que los países desarrollados están buscando una amplia gama de políticas y medidas sobre el cambio climático. Las políticas que los gobiernos escogen están habitualmente ligadas a contextos nacionales, tales como la organización política y la situación económica general. Muchas de ellas son medidas útiles en todo caso, ya que producen beneficios ambientales y económicos y a su vez, dan respuesta a las inquietudes sobre el cambio climático (Naciones Unidad, S.f.).

En las normas de efectividad energética al momento de construir nuevas edificaciones, alces en los precios de los kilovatios de energía y en campañas informativas sobre las consecuencias del calentamiento global. El epicentro de atención en los sectores residencial, comercial e institucional está enfocado los clorofluorocarbonos, creados en 1920, han sido

empleados como propulsores en aerosoles, la producción de espumas plásticas para almohadones, como solventes de limpieza, entre otras utilidades. Gracias al Protocolo de Montreal, donde se trataron temas referentes a todas las sustancias que afectaban la capa de ozono, se inició una lucha para estabilizar las concentraciones atmosféricas de clorofluorocarbonos y se vayan disminuyendo considerablemente la utilización de estos componentes altamente contaminantes del medio ambiente. Tenemos cientos de tecnologías y prácticas que podrán servir absolutamente para disminuir las emisiones a través un manejo final eficaz de la energía en las edificaciones, los transportes y la industria manufacturera. Sin embargo, No obstante, cada país deberá promover prontamente estas soluciones.

Esta es una labor conjunta, no se le puede dejar toda la responsabilidad al gobierno o a las industrias, todas las personas deben cooperar. Hacer un trabajo exhaustivo de información y educación, charlas o cualquier tipo de estrategias, con el fin de hacer llegar a todos los habitantes datos claves para crear conciencia que deben aportar a mejorar esta situación. Es urgente hacer conciencia en todos para hacer pequeños cambios en nuestro estilo de vida, tal como el uso del transporte público, la utilización de la iluminación y electrodomésticos es aquí donde la población en general debe colaborar usando aparatos más eficientes y con la reutilización de los materiales para reducir la necesidad de explotar los recursos naturales (ONU Medio Ambiente , 2018).

5.5 Desarrollo Sustentable

El desarrollo sustentable es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad, compromisos y responsabilidades en la aplicación del modelo económico, político, ambiental y social, así como en los patrones de gasto que determinan la calidad de vida.

El desarrollo sustentable involucra pasar de un desarrollo pensado en términos cuantitativos basado en el crecimiento económico a uno de tipo cualitativo, donde se fundan estrechas vinculaciones entre aspectos económicos, sociales y ambientales, en un renovado marco institucional democrático y participativo, capaz de aprovechar las oportunidades que supone prosperar paralelamente en estos tres ámbitos, sin que el avance de uno signifique ir en desmedro de otro.

El desarrollo sustentable, para serlo y diversificar del simple crecimiento, tecnificación, industrialización, urbanización, o aceleración de los ritmos, debe integrar ciertas condiciones, además de ser endógeno, es decir nacido y adecuado a la especificidad local, y auto-gestionado, es decir, planificado ejecutado y administrado por los propios sujetos del desarrollo:

- ❖ Sustentabilidad económica, para disponer de los recursos necesarios para darle persistencia al proceso;
- ❖ Sustentabilidad ecológica, para proteger la base de recursos naturales mirando hacia el futuro y cautelando, sin dejar de utilizarlos, los recursos genéticos, (humanos, forestales, pesqueros, microbiológicos) agua y suelo;
- ❖ Sustentabilidad energética, investigando, diseñando y utilizando tecnologías que consuman igual o menos energía que la que producen, fundamentales en el caso del desarrollo rural y que, además, no agredan mediante su uso a los demás elementos del sistema;
- ❖ Sustentabilidad social, para que los modelos de desarrollo y los recursos derivados del mismo beneficien por igual a toda la humanidad, es decir, equidad;
- ❖ Sustentabilidad cultural, favoreciendo la diversidad y especificidad de las manifestaciones locales, regionales, nacionales e internacionales, sin restringir la cultura a un

nivel particular de actividades, sino incluyendo en ella la mayor variedad de actividades humanas;

❖ Sustentabilidad científica, mediante el apoyo irrestricto a la investigación en ciencia pura tanto como en la aplicada y tecnológica, sin permitir que la primera se vea orientada exclusivamente por criterios de rentabilidad inmediata y cortoplacista". La sustentabilidad supone un cambio estructural en la manera de pensar el desarrollo, en la medida en que impone límites al crecimiento productivo, al consumo de recursos y a los impactos ambientales más allá de la capacidad de aguante del ecosistema.

5.6 Residuos Sólidos

Los Residuos Plásticos en Colombia tiene una participación relevante en la producción nacional; según el Dane la fabricación de productos de plástico aumentó 7.0%; esto supone beneficios económicos y sociales a través de la generación de empleo. La Asociación Colombiana de Industrias Plásticas – Acoplásticos y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial realizaron un convenio Especial de Cooperación Científica y Tecnológica en el cual desarrollaron la Guía de procesos básicos de transformación de la industria plástica, relacionando los procesos de transformación, el manejo racional y el aprovechamiento y debida disposición de los residuos plásticos; todo esto con el fin de incorporar en la cadena productiva procesos ambientales que les permitan aumentar la productividad, ser más competitivas en el sector productivo y dar cumplimiento a su responsabilidad ambiental. En el país se aprueban constantemente políticas y normatividad para promover el cuidado del ambiente, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible cuenta con programas de pos-consumo altamente consolidados a nivel nacional y cifras de aprovechamiento importantes.

La gestión ambiental urbana, sostenibilidad en sectores productivos, políticas públicas, son un ejemplo del trabajo que se desarrolla constantemente. Estos proyectos han permitido que tanto los ciudadanos como las industrias conozcan los lineamientos que se deben seguir para el cuidado de los recursos, el ambiente y el manejo de los residuos. Los residuos sólidos de las ciudades como Girardot son materiales provenientes de la actividad del hombre en su vida cotidiana, que no reúnen características infecciosas, radioactivas y/o corrosivas. Estos residuos se originan en los hogares, restaurantes, edificios administrativos, hoteles, industrias, etc. Y son restos de comidas, papel, cartón, botellas, embalajes de diversos tipos, entre otros (Bermúdez, 2007).

5.7 Etapas del aprovechamiento de los residuos

- ❖ Aprovechamiento: “Es la recuperación eficiente de diferentes materiales presentes en los desechos, la cual puede realizarse mediante la reutilización, reciclaje, la incineración con generación de energía y compostaje” (Aristizabal & Sachica, 2001, p. 12)
- ❖ Producción: Se inicia con la producción de las basuras que en un país subdesarrollado como Colombia varían dependiendo del estrato socioeconómico en que se producen.
- ❖ Recolección: Es la etapa en donde intervienen las entidades encargadas de la prestación del servicio público de aseo, mediante un proceso en donde se organizan horarios y rutas para recoger los residuos de viviendas, fábricas y establecimientos comerciales.
- ❖ Recuperación: Una vez recolectados los residuos se procesó a una etapa de recuperación que podemos hacer mediante diferentes mecanismos. El mecanismo más útil y el cual es el tema central de este trabajo es el reciclaje, “Este sistema de consta de varias etapas: proceso de tecnología limpia y reconversión industrial, la separación, el acopio, el reusó, la comercialización y la transformación” (Aristizabal & Sachica, 2001, p. 12)

❖ Disposición: En esta última etapa se depositan los residuos que no han sido reutilizados, acabando así con su vida útil.

5.8 Impacto Ambiental Positivo

Las actividades que tienen un impacto ambiental positivo son aquellas que benefician al medio ambiente o aquellas cuyo objetivo es corregir los efectos negativos de las actividades humanas. Al igual que en el caso anterior los impactos positivos pueden ser temporales o persistentes y reversibles o irreversibles. Ejemplo: uso de energías renovables (García Astillero, 2019)

Residuos plásticos: forman un total de un 7% del peso de los residuos generados en ámbito doméstico, pero ellos suponen alrededor de un 20 % de su volumen. La aplicación de los plásticos como envases y embalajes supone un gran e importante consumo de plásticos de vida útil bastante corta, en torno a un año.

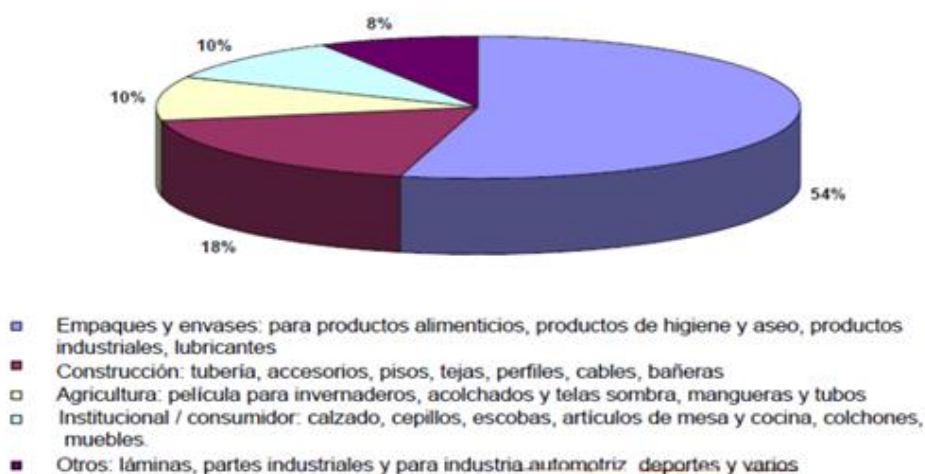
En contraste con el papel, los plásticos no sufren una degradación debido a la acción del tiempo o a los microorganismos. O lo que es lo mismo, los residuos plásticos por lo general no son biodegradables y por lo cual constituyen a una contaminación visual en el medio ambiente. Se cree que alrededor del 60% de los residuos encontrados y acumulados en las costas son materiales de tipo plástico. Sin embargo, en la actualidad en la fabricación de muchos tipos de plásticos se añaden componentes, como puede ser por ejemplo el almidón, que les otorga un carácter biodegradable, así la degradación inicial del almidón por algunos microorganismos produce la formación de una serie de estructuras porosas que hacen avanzar los procesos de oxidación y baja la resistencia mecánica facilitando su pulverización. (Mendez , 2010)

5.9 Impacto Ambiental Negativo

Como la gran mayoría de los plásticos no son degradables, una vez que se desechan se acumulan en los rellenos sanitarios o tiradero, e incluso en los distintos hábitats, que conforman el planeta, a los que llegan debido a su mal manejo. (Cárdenas González & Castellanos Velásquez, 2016, p. 25)

Los residuos sólidos urbanos varían en su composición en cada país y ciudad, en función de diferentes variables, como el consumo de bienes, el poder adquisitivo de la población y los procesos culturales de desecho. Aunque la ciudad no cuenta con cifras exactas sobre la composición de sus residuos, se trabaja con cifras aproximadas.

Incluso, las cifras de recolección no son exactas y sólo hasta una nueva licitación se les empezará a exigir a los consorcios llevar registro público de las cifras de residuos que recogen. (Maldonado, 2012, p. 33)++



Gráfica 6. Principales sectores consumidores de materias plásticas (2001 - 2003).

Fuente: Acoplasticos, 2005

El análisis de la gráfica muestra que existe un mayor porcentaje del 54 % el cual genera mayor producción de materias primas para la elaboración de productos de consumo humano. Mientras en un porcentaje del 8% evidencia el producto que se genera en consumo pertenece al sector de la manufactura automotriz.

5.10 Impacto de plástico – Botellas en PET

Los impactos producidos por el plástico - botellas PET, se centra en tres actores específicos del medio ambiente, suelo aire y agua. Para poder explicar los cambios que producen es necesario hablar en qué se utiliza este plástico y otros son componentes del mismo, que prestan un servicio diferente, pero que afectan al medio ambiente. El 60% de los alimentos están recubiertos por empaques de plástico - botellas PET; las bebidas son las más adquiridas por el público en su mayoría jóvenes, por su fácil manejo y ligero peso.

Los residuos de los hospitales, por ser en su mayoría residuos peligrosos son incinerados y terminan esos residuos en el aire produciendo contaminación; para la agricultura no es diferente el escenario, hay plantaciones que se encuentran cubiertos por plásticos derivados del PET por todas partes, para evitar perdida de sus frutos por aves o gusanos lo cual afecta a las plantas para tomar los nutrientes del suelo. Las botellas PET debido a su tamaño están ocupando de una manera alarmante los vertederos hasta el punto que se están viendo obligados los gobiernos locales a cerrarlos por falta de capacidad, el resto de los materiales son arrojados indiscriminadamente a las calles, o al mar, otros irán a parar a los diferentes canales de agua lluvias o simplemente a las redes de alcantarillado. (Serrato, 2016, p. 18-19).

5.11 Reciclaje

El Reciclaje transforma materiales usados, que de otro modo serían simplemente desechos, en recursos muy valiosos. La recopilación de botellas usadas, latas, periódicos, etc. son reutilizables y de allí hay que, llevarlos a una instalación o puesto de recogida, sea el primer paso para una serie de pasos generadores de una gran cantidad de recursos financieros, ambientales y cómo no de beneficios sociales. Algunos de estos beneficios se acumulan tanto a nivel local como a nivel mundial.

5.12 Materia prima

La materia principal es el triturado de Tereftalato de polietileno (PET) el cual se puede obtener fácilmente de las botellas de plástico.

5.13 Materia prima PET.

Polietileno Tereftarato (PET): Es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión y a las caídas, alto grado de transparencia y brillo, y conservación del sabor y aroma de los alimentos. Es una barrera contra los gases, reciclable al 100%. (Feed Pack News, 2012).

5.14 Bloque de concreto

Los bloques de concreto o también llamados bloques de hormigón o unidad de mampostería de concreto (CMU), son utilizados principalmente como material de construcción en la fabricación de muros y paredes.



Figura 6. Bloques de Concreto

Fuente: Bloqueras

Definición: Un bloque de cemento es uno de diversos productos prefabricados (la palabra «prefabricado» hace referencia al proceso en el que el bloque se forma y endurece, antes de ser llevado al lugar de trabajo) y comúnmente son elaborados con una o más cavidades huecas y en sus costados pueden ser lisos o con diseño (Bloqueras.ORG, 2020).

Son elementos de alta resistencia a la comprensión y de gran durabilidad, utilizados principalmente en la construcción de edificaciones, para conformar muros de contención, muros divisorios, muros estructurales, cerramientos y elementos de fachada para viviendas y edificaciones industriales y comerciales. Existen bloques de tipo estructural y bloques de mampostería no estructural, que difieren en su resistencia a la comprensión y pueden utilizarse para construir muros simples o divisorios, cerramientos o muros de contención.

El acabado de estos productos facilita el aprovechamiento de las texturas y los colores originales, convirtiendo esta característica en un gran atractivo para los proyectos donde se usan. Además, el uso de los bloques en concreto, permite optimizar los recursos en la obra y minimizar al máximo el desperdicio de materiales” (Construyored, 2017).

5.15 Norma técnica colombiana NTC 4205 La NTC 4205

Ingeniería Civil y Arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos, establece los requisitos que deben cumplir los ladrillos y bloques

cerámicos utilizados como unidades de mampostería y fija los parámetros con que se determinan los distintos tipos de unidades, cabe resaltar que tradicionalmente se manejan tres tipos básicos de unidades de mampostería de arcilla cocida, según la disposición de sus perforaciones y del volumen que éstas ocupen: Perforación vertical PV (ladrillos-bloques); perforación horizontal PH (ladrillos-bloques) y macizos (M).

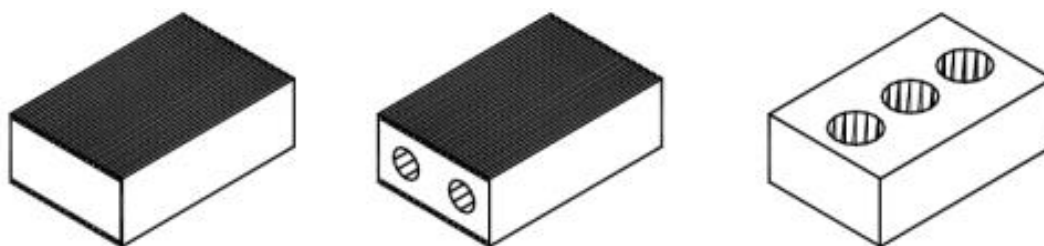


Figura 7. Unidades de Mampostería Macizas

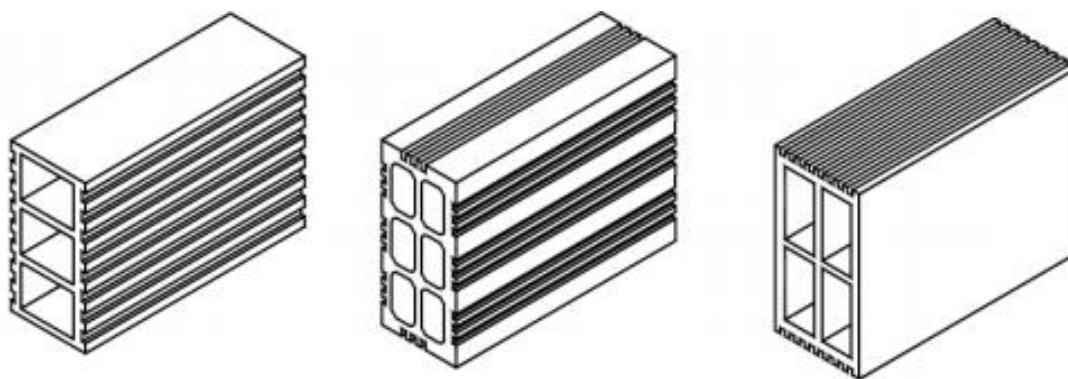


Figura 8. Unidades de Mampostería de Perforación Horizontal

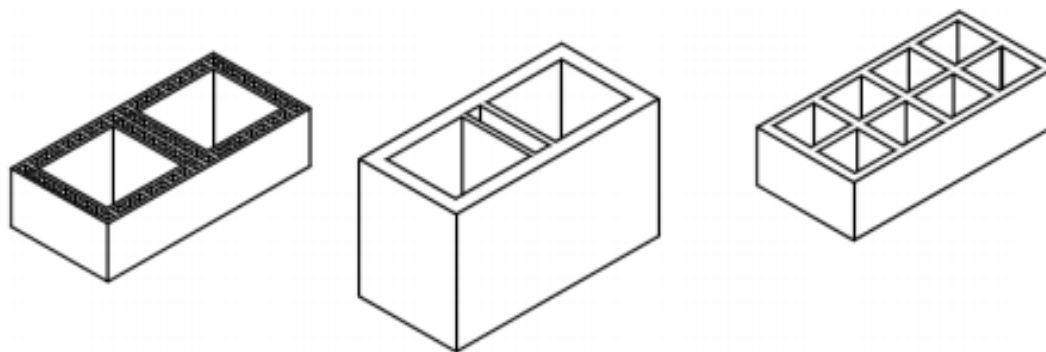


Figura 9. Unidades de Mampostería de Perforación Vertical

Como se menciona dentro de esta norma, el uso o función principal de cualquier tipo de unidad de mampostería determina la clase a que corresponde y los requisitos físicos que debe cumplir. Por este motivo, se consideran las unidades estructurales (portantes) y las unidades no estructurales (divisorios o de cierre); y las unidades de mampostería de uso exterior, o de fachada, y las unidades de uso interior (Herrera Muriel & Piñeros Moreno, 2018)

5.16 Descripción del ladrillo de PET

Es un mampuesto de dimensiones constantes y convencionales, fabricado con cemento Portland común, el plástico denominado Polietileno Tereftalato PET procedente de envases descartables de debidas triturados y aditivos. Esta tecnología de producción de ladrillos permite utilizar materiales no tradicionales (plásticos reciclados) en forma tradicional para contribuir ladrillos que se utilizaran para ejecutar mamposterías.

Se trata de un elemento constructivo prefabricado del tipo liviano para la utilización en envolventes, exteriores e interiores, no portantes, esto quiere decir que soportan su propio peso y que necesitan de una estructura independiente y antisísmica para soportar esfuerzos gravitatorios, sísmicos y de viento (Sistemas Energeticos, 2016).

5.17 Comparación técnica entre el ladrillo de PET y el ladrillo común de tierra cocida.

- ❖ El peso específico del ladrillo de PET es menor que el del ladrillo común (1360 kg/m³).
- ❖ La absorción de agua del ladrillo de PET es similar que la del ladrillo común (21,6 %).
- ❖ La resistencia característica a la compresión del ladrillo de PET es la mitad que la del ladrillo común (4 Mpa). Es suficiente para ser utilizado en cerramientos de viviendas no portantes, con estructura independiente antisísmica.
- ❖ La resistencia al fuego del ladrillo de PET es menor que la del ladrillo común (el cual es incombustible) pero por ser de muy baja propagación de llama, es aceptado por la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano de la Nación para ser utilizado en construcciones habitadas.
- ❖ La resistencia a la intemperie del ladrillo de PET (con exposición a rayos ultravioleta y humedad) es menor que la del ladrillo común, pero su valor es aceptado por la Subsecretaría de Vivienda y Desarrollo Urbano de la Nación. Se recomienda realizar el revocado de la superficie con mortero común de albañilería, para que su desempeño sea más eficiente.
- ❖ La conductividad térmica del ladrillo de PET es cinco veces menor que la del ladrillo común (0,81 w/m k). Se puede utilizar en cerramientos con un espesor menor, obteniendo el mismo confort térmico.
- ❖ La aptitud para el clavado y aserrado del ladrillo de PET es mayor que la del ladrillo común, por lo que se puede utilizar para constituir sistemas constructivos no modulares (Gaggino, Kreiker, Mattioli, & Arguello, 2015)

5.18 Factores condicionantes del proyecto

El factor condicionante más relevante en el alcance que se busca para el diseño de bloques a base de POLIETILEN-TEREFTALATO (PET), es que, la norma nos exige que este bloque cuente con una resistencia igual o superior a 5 MPa para unidades individuales. Es un gran reto ya que para lograr que el diseño sea utilizado como material para la construcción en mampostería portante, debe, inicialmente cumplir con este requisito; cabe anotar que como limitación en este diseño, no se adicionó a los bloques de cemento con triturado de PET ninguna clase de aditivo que ayudara a mejorar la adherencia del material PET con el cemento, pero, se pretende dejar una puerta abierta para que en un futuro por medio de investigaciones complementarias se logre determinar un adición que logre mejorar las reacciones del concreto con el material PET.

5.19 Lista de comprobación para facilitar la gestión de un proyecto

La identificación de una idea para elaborar, implantar y operar un proyecto es el resultado del reconocimiento de una necesidad o una potencialidad que hay en el medio. Existen múltiples fuentes complementarias para identificar ideas sobre proyectos, tales como: planes de desarrollo, estudios básicos, estudios de mercados, experiencias personales y familiares y experiencias empresariales negativas, actualizaciones de estudios realizados, nuevas exigencias gubernamentales o normativas, análisis de propuestas de la comunidad y aportes de ideas creativas de los trabajadores entre otras.

Algunos de los interrogantes por resolver y confrontar la importancia de la idea, antes de iniciar la elaboración de un proyecto son los siguientes:

1. Identificar de manera clara la fuente originaria de la idea del proyecto, diagnóstico, investigación básica, estudio de mercado, necesidad de la comunidad, potencialidad, experiencia negativa susceptible de potenciar.

La fuente originaria de la idea del proyecto nace estudiando la problemática de explotación insostenible de la corteza terrestre para obtener agregados minerales, sumada a los problemas de disposición de residuos plásticos lo cual crea la necesidad de proponer nuevas alternativas que difieran de lo convencional; Por tanto, la posterior investigación presenta los resultados en base a estudios de factibilidad sobre una alternativa ecológica a los bloques de hormigón que son un material de construcción vital a nivel global.

2. El proyecto tiene relación con el plan y programa de desarrollo nacional, regional, municipal, local o institucional.

Es uno de los grandes desafíos que plantea el desarrollo sustentable en la construcción de edificaciones e infraestructuras que permitan el crecimiento de ciudades competitivas a nivel global y que faciliten, al mismo tiempo, la integración social y la utilización eficiente de los recursos ambientales, según el (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2013); Así pues, en Colombia y en el mundo, se han diseñado estrategias para reducir la contaminación que causa el proceso de edificación, apuntándole a la llamada construcción sostenible o ecológica. Se trata de manejar de modo eficaz la energía, el agua, oprimir la generación de despojos y usar materiales sin combinados tóxicos (Tiempo, 2016).

3. Identificar y caracterizar los actores de interés para el éxito del proyecto.

La principal importancia de la edificación sustentable es su capacidad para mejorar la calidad de vida de las personas, asegurando un respeto por el medio ambiente y un uso responsable del planeta en que vivimos. La eficiencia energética, de la misma manera, asegura el

uso óptimo de los recursos energéticos de los cuales se dispone, para, de esta forma, poder abarcar la necesidad global de energía de la manera más eficiente posible (Revista EMB construcción, 2012).

4. El proyecto debe estar debidamente delimitado en términos de cobertura geográfica, posibilidades financieras/tiempo de operación

La idea es crear un diseño que cumpla con las especificaciones de la norma NSR-10 y la NTC del ICONTEC, por lo tanto, este proyecto ayudara a la comunidad estudiantil interesada en conocer este tema, a los ingenieros, arquitectos y personas que trabajan en el área de materiales para la construcción, además servirá como base para futuras investigaciones afines, las cuales podrán enriquecer, completar y a su vez, profundizar en este estudio.

5. Identificar las fuentes alternativas de financiación del proyecto.

Hasta el momento los gastos y costos del proyecto han sido asumidos por los integrantes del mismo.

6. Examinar la posibilidad de información secundaria y las necesidades de trabajo de campo.

Una de las fuentes de referencia que tomamos fue la de (Gaggino, Arguello & Berretta. 2007) el cual en su investigación buscó desarrollar elementos constructivos elaborados con plásticos reciclados, como ladrillos, bloques y placas. El proceso de elaboración fue el mismo que se utiliza para la elaboración de bloques con hormigón. La diferencia radica en que en estos bloques ecológicos se remplazan los agregados áridos por material plástico reciclado triturado. Igualmente, describe y evalúa el impacto ambiental que es generado por la contaminación que ocasiona este tipo de materiales a nivel local.

7. Auscultar la idea con personas experimentadas en el tipo de proyecto de interés?

Se ha contado con el apoyo y colaboración de los ingenieros civiles, docentes de la corporación universitaria minuto de Dios, los cuales con su conocimiento y experiencia nos han orientado sin reparo y han despejado muchas de las dudas que tuvimos en un comienzo en cuanto a la viabilidad del proyecto en cuestión.

8. Si se trata de un proyecto de ampliación, reestructuración, modernización, reubicación ¿cuenta con un buen diagnóstico para dimensionar el proyecto?

Hasta el momento se está en la etapa investigativa, por lo tanto, a pesar de que hemos recopilado una gran cantidad de información, anexo a esto, el arduo trabajo de campo buscando el material de la calidad que necesitamos, aun no, hemos llegado obtener los resultados de viabilidad ya que no hemos realizado el estudio financiero.

6. Metodología

La metodología utilizada para llevar a cabo este proyecto, está basada, en el alcance que puedan llegar a tener investigaciones previas cuyo enfoque logre determinar el resultado de los objetivos propuestos, es decir, que luego de una ardua búsqueda hemos logrado encontrar documentos cuyas publicaciones demuestran que, la implementación de nuevas tecnologías en materiales para la construcción es de un interés relevante en el gremio de la ingeniería civil, esto se debe principalmente a que los bloques para mampostería, bien sean utilizados en muro divisorio, muros pantalla o de encerramiento, aporta una carga muerta que podría influir en un sobredimensionamiento estructural debido a su peso, por este motivo, se propone al igual que lo han hecho algunos investigadores que mencionaremos más adelante, continuar con la búsqueda de nuevos materiales que se logren homogeneizar con una mezcla de hormigón o de concreto fino, para que los bloques sean más livianos sin desmejorar sus propiedades físicas y mecánicas, dando cumplimiento a la norma técnica colombiana NTC del ICONTEC y la norma sismo resistente NSR-10; para lograr este objetivo debemos comprender que, al reemplazar un porcentaje de agregado para la elaboración de estos nuevos bloques, debemos enfocarnos en un material alternativo de fácil acceso y que a su vez aporte de manera positiva al medio ambiente.

La contaminación ambiental es un tema que día a día está sobre la mesa, la acumulación de residuos sólidos domiciliarios en los rellenos sanitarios nos alertan y despiertan interés en el mal manejo que se está dando puntualmente a los materiales no biodegradables que a ellos llegan, si bien es cierto que la cultura ciudadana en Colombia no presenta un compromiso social de clasificación de estos residuos antes de su disposición inicial, porque no proponer, una estrategia de re utilización de estos materiales una vez que ingresen al relleno sanitario, en este punto,

vemos con gran interés que el material que necesitamos es abundante y que su costo de adquisición sería irrelevante en comparación con un material como la arena.

Los estudiantes de ingeniería civil año tras año están aportando grandes ideas en materia de investigación cómo lo son los proyectos de grado para optar al título profesional y nosotros no somos la excepción, por lo tanto el enfoque principal de este proyecto es utilizar todas las herramientas a nuestro alcance para determinar si es posible la implementación de nuevas tecnologías a los bloques para mampostería y así, darle un giro a los bloques convenciones utilizados hoy en día y crear nuevos materiales para la construcción.

Retomando el tema de la acumulación de residuos sólidos no biodegradables en los rellenos sanitarios, encontramos una variedad de materiales como el cartón, vidrio, metales y plástico, ¿Cuál utilizar? Para no realizar pruebas de calidad y resistencia individuales a cada material encontrado, recurrimos a investigaciones previamente revisadas y aprobadas por prestigiosas universidades a nivel mundial, por medio de las cuales podremos determinar cuál material, de los mencionados, es el más óptimo para alcanzar el resultado que buscamos. Agruparemos por categorías cada una de las publicaciones encontradas cuya investigación nos permita encontrar el material óptimo, porcentaje adecuado y su nivel de resistencia.

7. Análisis de resultados

7.1 Viabilidad del proyecto según los porcentajes

La metodología utilizada para llevar a cabo este proyecto, está basada, en el alcance que puedan llegar a tener investigaciones previas cuyo enfoque logre determinar el resultado de los objetivos propuestos, es decir, que luego de una ardua búsqueda hemos logrado encontrar documentos cuyas publicaciones demuestran que, la implementación de nuevas tecnologías en materiales para la construcción es de un interés relevante en el gremio de la ingeniería civil, reutilizando el Tereftalato polietileno PET

1. Según (Infante & Valderrama, 2019) propuso la reutilización de material plástico en reemplazo del agregado fino para la fabricación de bloques de hormigón. Estableciendo unos porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%. Técnicamente se encontró que las probetas de hormigón con un 10% de reemplazo PET tienen propiedades mecánicas acorde con la normatividad chilena para bloques no estructurales, lo que permitiría la construcción de muros no estructurales.

2. Los autores (Di Marco Morales & León Téllez, 2017) realizaron una investigación con fibras poliméricas en forma de cascarilla (polietileno Tereftalato PET) pasando a ser trituradas por una máquina, obteniendo como resultado en forma de hojuelas pasando por el tamiz $\frac{3}{4}$ y retenidos en malla N° 4 cumpliendo con la NSR-10. Apartir de ello establecieron ciertos porcentajes de adicción del 20%, 25% 30% 35% y 40% de PET. Llevando a cabo los procesos de laboratorio se obtuvo que el 25% cumple las especificaciones para un bloque con aditivo PET.

3. Según (Martínez Amariz & Cote Jiménez, 2014) establecen por medio de esta investigación la utilización de escamas de PET junto con el cemento como insumos principales en la fabricación de un ladrillo comercial, para la elaboración de los laboratorios ellos determinaron los siguientes porcentajes (10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90%)

determinando los resultados de laboratorio nos indica que el 50% de PET es la adicción óptima para la elaboración de un bloque de PET.

4. Según (Herrera Muriel, Atribucion N°Comercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5), 2018, p. 7) investigaron el porcentaje óptimo para la elaboración de ladrillos ecológicos donde este es un elemento clave de innovación y tecnología procediendo a llevar pruebas de laboratorios delimitando porcentajes de adición de Tereftalato Polietileno PET (10%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70% y 80%) para llevar a cabo la mezcla y obteniendo como resultado el porcentaje más óptimo es el 25% cumpliendo bajo la norma NSR-10

5. Según (Arrascue Bazan, Einer Javier; Cano Herrera, Marx Engels, 2017, pág. 50) estableciendo dentro de este trabajo de tesis la ejecución de toma de ensayos para establecer el porcentaje puntual de PET, conformadas por los siguientes porcentajes (5%, 10% y 15%) encontrando como alternativa que el porcentaje PET óptimo para la construcción civil en mampostería es el 15% ya que resulto ser en promedio más resistente.

6. Según (Tuero Rojas & Lopez Jara, 2016) realizo una investigación que consiste en la elaboración de bloques de concreto no estructurales, procediendo a realizar pruebas de laboratorio seleccionando los porcentajes de adicción de PET desde el (5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%) donde se obtuvo como resultado que el porcentaje óptimo para la ejecución de bloques con porcentaje de Tereftalato Polietileno PET es 15%.



Gráfica 7. Porcentajes óptimos para la elaboración de bloques.

Fuente: Autores

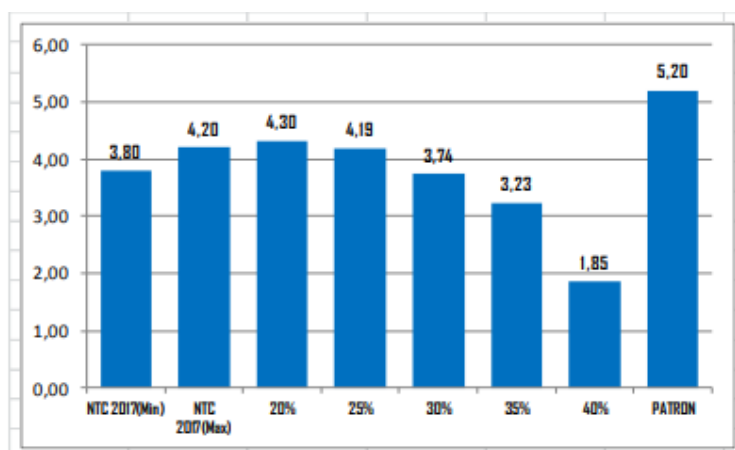
Con los resultados obtenidos de las investigaciones realizadas de diferentes fuentes de recopilación, se generaliza porque los porcentajes propuestos en cuanto a la adición de PET oscilan entre 15% y el 30% de resistencia óptima, siendo el 15% la resistencia más alta y el 30% la resistencia más baja, pero dentro del rango mínimo es permitido por la norma, esto quiere decir que el 30% al tener una resistencia a la compresión más baja, cumple con los parámetros físicos y mecánicos para adoptar como material para la construcción, por lo tanto, los resultados obtenidos son una buena referencia al momento de la revisión de los temas a tratar, puesto que, los datos reales de resultados en pruebas de laboratorio se obtienen tras la realización de los ensayos.

7.2 Análisis de la resistencia a la compresión

❖ Según (Infante & Valderrama, 2019) realizaron ensayos de resistencia a la compresión determinando que en todas las probetas con agregado PET se obtiene una baja resistencia a la compresión en relación a la probeta patrón, al mismo tiempo la probeta con 10% se evidencia que es la más acertada con la probeta patrón, obteniendo un decrecimiento de 8%, lo

que podría sintetizar que la cantidad de PET que se ha agregado es la correcta proporción y esto nos permite mantener una cierta uniformidad en la probeta.

❖ Los autores (Di Marco Morales & León Téllez, 2017) realizaron los respectivos laboratorios, donde se muestran las diferentes mezclas con adición de PET y su comparación con la norma NTC 2017 (valor mínimo y valor máximo) y el ladrillo patrón.



Gráfica 8. Resistencia de los diferentes ladrillos a los 28 días.

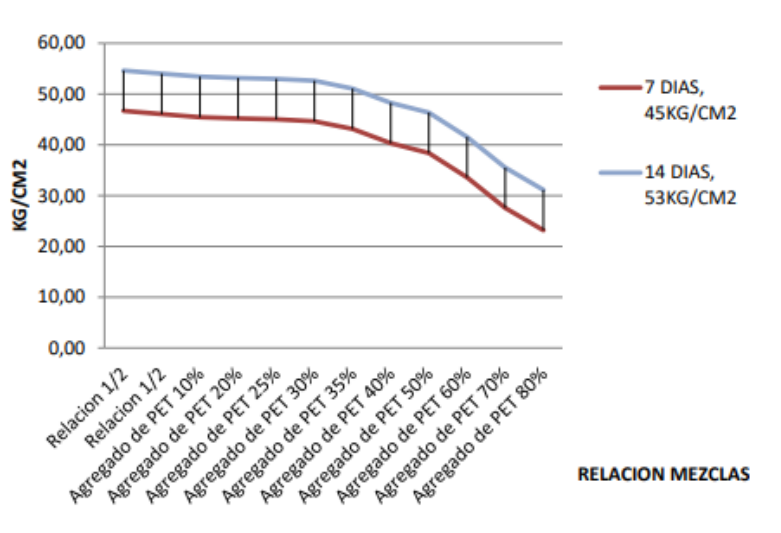
Fuente: Raúl Omar Di Marco Morales & Hugo Alberto León Téllez

Con relación a la figura, se muestra que el módulo de rotura (Mr.) un análisis paralelo a los resultados comparados con el bloque patrón el cual obtuvo una resistencia 5.20 Mpa, al comparar las probetas se observó que se encuentran por debajo del patrón establecido, considerando que la adicción del 20% de Tereftalato polietileno PET adquirió una resistencia de 4,3 Mpa siendo el más alto, siendo este el que presenta mayor similitud a la probeta patrón.

❖ Según (Martínez Amariz & Cote Jiménez, 2014) se realizaron las pruebas a cada una de las muestras, en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad de Santander. Para estas pruebas se utilizó una máquina de tracción (PCE-MTS500), la cual se obtiene datos sobre la compresión que resiste el ladrillo fabricado y su límite de quiebre. Se

realizó este tipo de ensayo siguiendo la norma técnica Colombiana NTC 673 (Concretos Ensayo de resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de concreto). Según los resultados muestran que el 50% de PET tiene las características similares al patrón 0%, aunque se sobrepasa un poco más al patrón ya que esto lo hace más resistente que los ladrillos comunes.

❖ Según (Herrera Muriel, Atribucion N°Comercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5), 2018) se realizan los laboratorios según lo indica la norma y se evidencia que los agregado de PET, con porcentaje de 10%, 20% y 25% cumplen con la resistencia especifica requerida como lo indica la figura.



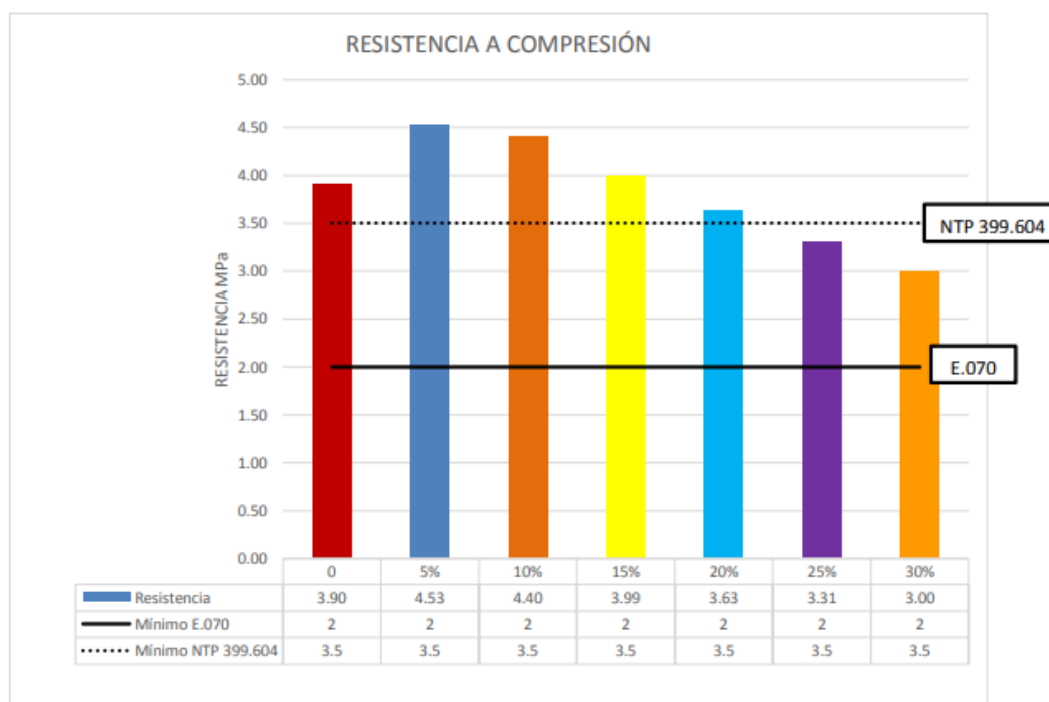
Gráfica 9. Resistencia específica ensayos de laboratorio.

Fuente: Miller Piñeros, Rafael Herrera 2018

En la figura también se destaca los porcentajes que se encuentran por debajo del patrón, (30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 70%, y 80%) lo cual se descartan. El 25% de adicción de PET es el que más se caracteriza al tener similitud con la resistencia patrón.

❖ Según (Tuero Rojas & Lopez Jara, 2016) demostró por medio de laboratorios los resultados de la resistencia a compresión, indicando que al sustituir un 5%, 10% y 15% se obtuvo

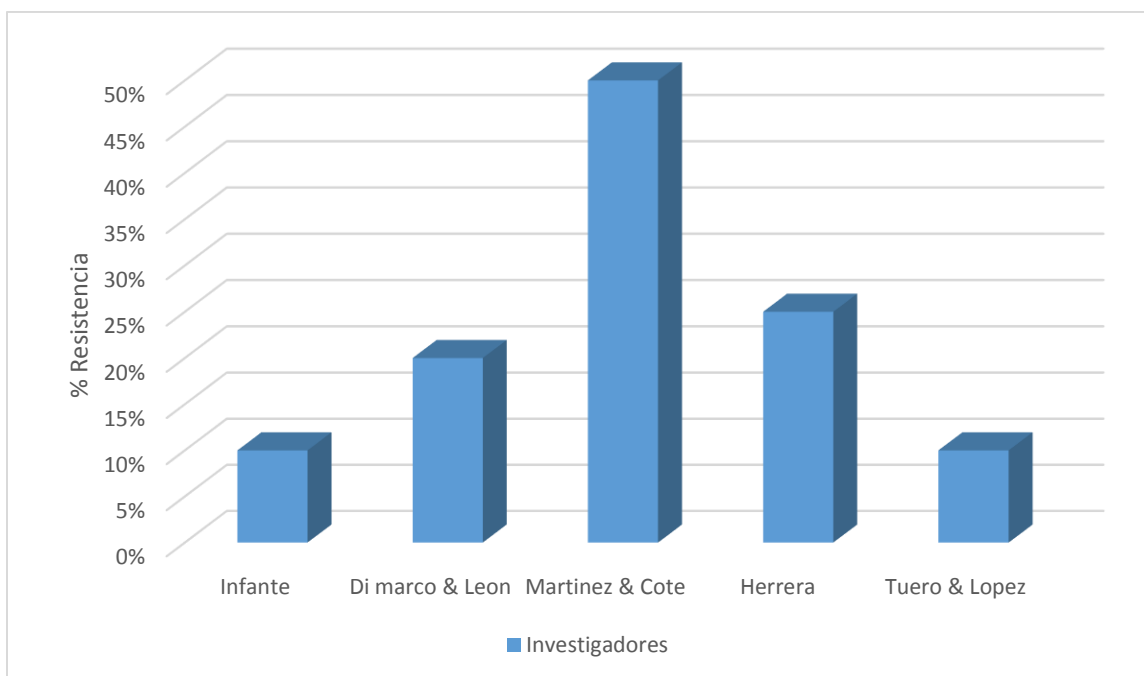
una mayor resistencia con respecto al bloque patrón determinado, y, por el contrario los porcentajes de 20%, 25%, y 30% se demuestra que la resistencia disminuye en referencia al bloque patrón como lo indica la figura



Gráfica 10. Resultados de resistencia a compresión comparados con las NTP E 070 Y NTP 399.604.

Fuente: Tueros Rojas Reynaldo López Jara Adriana Gasdaly

Según la figura nos permite determinar que el 10% de adicción de PET cumple con las propiedades de resistencia a la compresión, en cambio sí le adicionamos más cantidad de PET se puede observar que se disminuye la resistencia perdiendo propiedades.



Gráfica 11. Comparación de la resistencia comparada de los autores citados.

Fuente: Autores

Al hacer el análisis comparativo de estos cinco autores mencionados vemos en gran relevancia que el autor Martínez & Cote tiene un mayor índice de efectividad con respecto a la resistencia a la compresión del bloque, comparado con los demás los que menos tiene resistencia a la compresión en los bloques sometidos a las pruebas fueron Infante y Tuero & López.

7.3 Cantidad de retención por Absorción

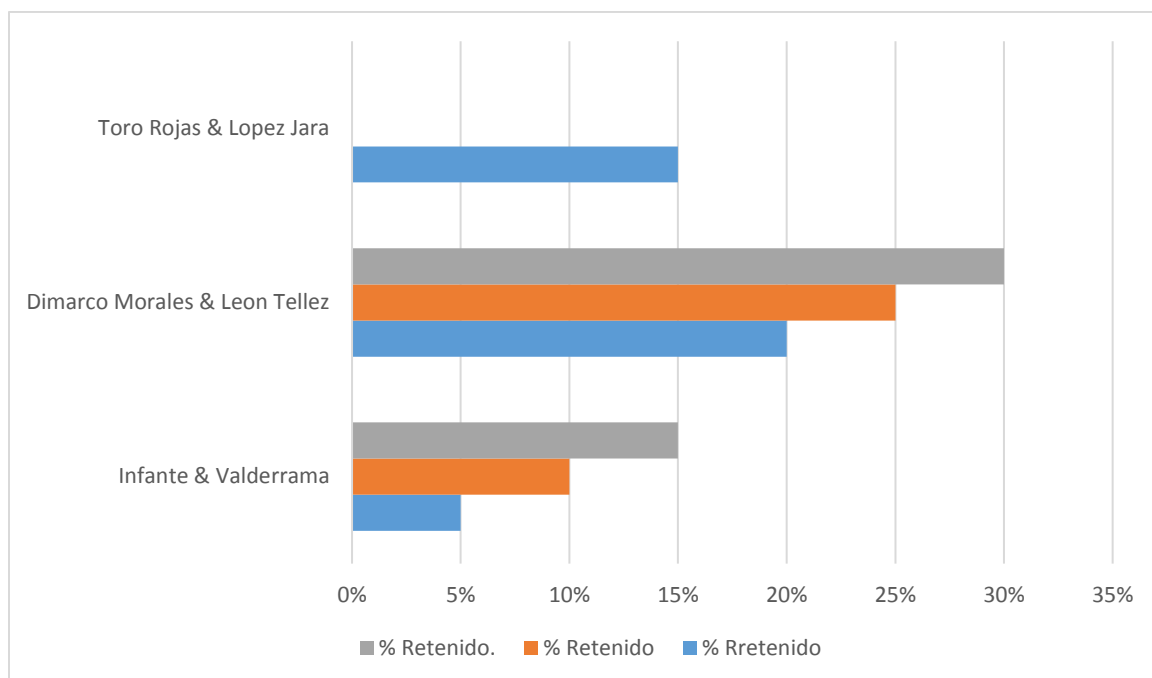
Es la capacidad de los materiales para retener agua dentro de sus espacios vacíos, los cuales están contenidos dentro de su fórmula estequiométrica, es decir retiene agua en su interior.

❖ Según (Infante & Valderrama, 2019) en esta investigación se llevó a cabo la fabricación de bloques en hormigón para la cual se realizaron diferentes pruebas de laboratorio, aplicando a cada uno de los elementos los diferentes ensayos de absorción, determinando la cantidad de porcentaje con la cual se cumple con las normas chilenas, para en este caso se

evidencio que las probetas con adición de (5%, 10% y 15%) presentaron una proporcionalidad disminuida en la absorción; en cambio para la probeta del 20% se catalogó con mayor absorción, debido a la mayor cantidad de PET que se adiciono llegando al punto en que la muestra deja de ser homogénea, provocando un aumento en la porosidad.

❖ Los autores (Di Marco Morales & León Téllez, 2017) en este proyecto tiene como finalidad diseñar y elaborar bloques a base de Tereftalato Polietileno PET, contemplando en el ensayo de la absorción del agua los porcentajes 20%, 25% 30% y 40% cumplen en todas las dosificaciones que se establecieron bajo la norma NTC 2017.

❖ Según (Tuero Rojas & Lopez Jara, 2016) En esta tesis de la Universidad Andina del Cusco en Venezuela se ejecutaron los laboratorios y procedimientos ya preestablecidos, en el ensayo de absorción se observa un promedio del bloque patrón de 4.22% los porcentajes del 5% y 10% tiene un promedio menor al patrón; el 15% tiene un promedio de 3.74% y es el más cercano al bloque patrón en donde se concluye que cumple con la norma NTP E. 070 resaltando que el 20%, 25% y 30% sobre pasa los límites de absorción según la norma establecida en Venezuela.



Gráfica 12. Retención de la comparación de los autores.

Fuente: Autores

Como se muestra la gráfica podemos observar los diferentes porcentajes de retención de líquidos encontrados por los autores por medio de ensayos de laboratorio, el objetivo principal de esta grafica es facilitar al lector la fácil interpretación de los distintos resultados obtenidos a cada una de las muestras analizadas.

Haciendo el análisis comparativo de la gráfica de los tres autores con respecto a las 3 posiciones de los autores.

7.4 Análisis de los bloques según su porcentaje teniendo en cuenta su peso

Según (Martínez Amariz & Cote Jiménez, 2014) en esta investigación evidenciaron el peso de los bloques con adicción de Tereftalato Polietileno PET, las muestras las cuales dieron positivo fueron la 3, 4, 5, 6, y 7; ellos no tomaron las muestras 1, 2, 8 y 9 por lo tanto no son objeto de análisis de este trabajo.

Lo cual se muestra en la siguiente tabla la dosificación por muestra, los datos fueron tomados de la investigación de Martínez Amariz & Cote Jimenez.

Cuadro 3. Dosificación de muestras

Cemento %	PET %
70	30
60	40
50	50
40	60
30	70

Fuente: Martínez Amaris & Cote Jiménez

El análisis que ellos hicieron de las siguientes muestras fue la siguiente:

Cuadro 4. Peso de ladrillos a base de cemento y PET

	M3 (gr)	M4 (gr)	M5 (gr)	M6 (gr)	M7 (gr)
Peso	1165	1032	900	767	634

Fuente: Martínez Amaris & Cote Jiménez

En los cuadros 3 y 4 se evidencia los diferentes tratamientos con respecto en porcentaje de peso, el cual los autores Martínez Amaris & Cote Jiménez en su análisis se evidencio que lo más acertado de resistencia a la compresión y según su peso fueron los de la muestra 3 a la 7 descartando las muestras 1, 2, 8 y 9 por la condición de su porcentaje en peso vs resistencia no garantizaba un desarrollo efectivo para su uso.

7.5 Análisis según resultados económicos

En las diferentes estrategias que presentaron los autores acerca de la viabilidad económica, ecológica y social para las regiones y diferentes proyectos que conllevarían a tener clientes potenciales dada la problemática que se presenta con la contaminación por residuos

sólidos, al poderse identificar la relación existente entre el crecimiento poblacional y el incremento proporcional de residuos sólidos provenientes del post-consumo y teniendo en cuenta que dentro de los residuos sólidos los plásticos tienen la mayor participación a nivel mundial.

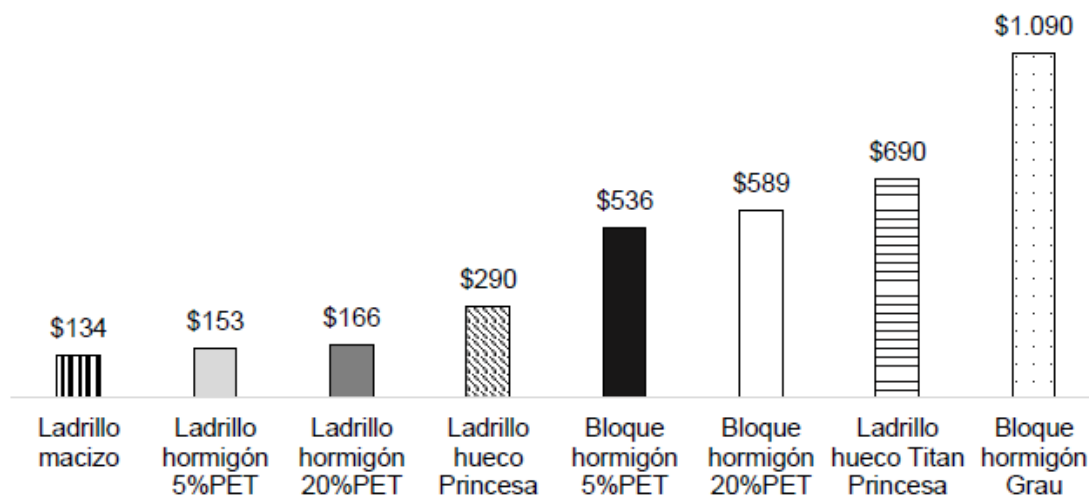
En el informe de Infante & Valderrama, se presentaron los costos que genera la fabricación de este material por volumen para cada dosificación estudiada. En él se visualiza los costos (en pesos chilenos) de la fabricación de cada una de las mezclas estudiadas.

Cuadro 5. Costos por m³ de producto

<i>Materia Prima</i>	<i>Precio Unitario (\$ CLP)</i>	<i>Patrón</i>	<i>Mezcla 5% Pet</i>	<i>Mezcla 10% Pet</i>	<i>Mezcla 15% Pet</i>	<i>Mezcla 20% Pet</i>
PET (kg)	200	0	2.400	5.000	7.400	9.800
Cemento (kg)	4.550	39.933	39.933	39.933	39.933	39.933
Arena (m ³)	14.100	9.038	8.587	8.136	7.685	7.233
Gravilla (m ³)	11.200	6.082	6.082	6.082	6.082	6.082
Total (\$/m ³)		55.053	57.002	59.151	61.100	63.048

Fuente: scielo.conicyt.cl

Se observó un aumento progresivo del PET el cual incide en el precio final del producto a desarrollar por lo cual estudiaron la forma de adquirir el PET de una empresa recicladora, así mismo estudiaron los costos a para la fabricación de los diferentes elementos con la adición de PET de manera autónoma e industrializada. Se dedujo un ahorro de arena el equivalente a los \$451 por m³ siendo este el caso de reemplazar el 5% , hasta \$1805 por m³ para el material con un reemplazo de 20% de PET, con el cual se reemplaza el material más costo por el material reciclado. Una vez los investigadores obtuvieron los precios por m³ de material, llegaron a un cálculo unitario del producto final, con el objeto de comparar con los otros productos del mercado para la construcción. Todas estas medidas que tuvieron fueron respaldadas para la fabricación de ladrillos de hormigón silíceo NCh180 Of57.



Gráfica 13. Comparativo entre los competidores de bloques con PET

Fuente: scielo.conicyt.cl

Con respecto al enfoque económico que se tiene de la fabricación de los bloques convencionales al ser comparado con cada uno de los diseñados con adición de PET se evidencia un aumento progresivo de los valores dada la ejecución del proyecto a realizar.

En la gráfica se evidencia la competencia en el mercado de elementos para construcción incluyendo los de PET con una fluctuación promedio entre \$536 a \$589, y al encontrar bloques que duplican su valor claro está con las diferentes características con el fin de mejorar las propiedades. Todos estos costos fueron calculados para un ladrillo macizo de hormigón el cual es altamente competitivo, debido que el rango va desde los \$153 a \$166 la unidad.

En la investigación de (Martínez y Cote) se diseñó un producto que cumpliera con ciertas características físicas, mecánicas y de fácil fabricación que pudiera llegar a competir con los ladrillos convencionales, por ello se basaron en nuevas alternativas ecológicas como los son los residuos domiciliarios, triturando cada envase para una disposición final logrando mitigar un poco el impacto ambiental y generando un bajo costo en la compra de dichos elementos constructivos. Las muestras M1 y M2 no se tuvieron en cuenta debido al poco porcentaje de PET

usado, lo cual se reflejó en una disminución costos beneficios. De la misma forma se descartó la muestra M8 y M9 debido a la poca consistencia del material, además del uso excesivo de PET, lo cual dificulta el prensado del ladrillo por su excesivo volumen.

Cuadro 6. Peso de los Ladrillos a Base de Cemento y Pet

	M3 (gr)	M4 (gr)	M5 (gr)	M6 (gr)	M7 (gr)
Peso	1165	1032	900	767	634

Fuente: (Martínez Amariz & Cote Jiménez, 2014, p. 79) repositorio.udes.edu.co

En los análisis de resultados que hicieron para verificar la calidad de los bloques elaborados con dichos elementos (plástico reciclado y cemento), se compararon con los ladrillos de elaboración tradicional. Lograron concluir que los costos de elaboración son muy parecidos al de los ladrillos tradicionales, esto se debe al costo de la trituración del plástico, base principal de los ladrillos ecológicos. Sin embargo, al momento de lanzar un proyecto a gran escala se deben buscar formas de optimizar el costo del triturado de este material, redundando en una disminución de los costos de producción.

Asumir el costo del PET al valor que actualmente se encuentra en el mercado, el kg se vende en \$1500. Así que el valor unitario aproximadamente será de \$566, por lo cual se propone que esta mezcla sea la adecuada para remplazar el material utilizado actualmente en la construcción.” (Martínez Amariz & Cote Jiménez, 2014, p. 79)

En el Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno junto con Cemento

Se tuvo cuenta los costos de los materiales en el momento de la obtención de PET

llegaron a la conclusión con respecto a los diseños con cemento, que el material PET no es el más rentable dado que su obtención sería propia de una planta recicladora que al ser comparada con el

costo de la piedra y la arena estaría en una desventaja de valor muy significativa, al no ser que el PET sea recogido y tratado por las personas que lo van a procesar el cual su costo sería casi nulo.

Cuadro 7. Precio estimado de cada ladrillo

materiales	unidad	cantidad	precio(unitaio)	parcial(bs)
cemento	kg	1	0,88	0,88
agua	cm ³	900	0,033	0,030
arena	kg	4	0,016	0,1
aditivo	cm ³	10	0,04	0,4
plastico	kg	1	0	0
total				1,41

Fuente: Víctor Flores, Jesús Rojas, Rodrigo Torres, Rolando Vallejos, Paola Flores y

Mariana Flores

El costo de producción unitario de un ladrillo de PET es un 30 % mayor que el de un ladrillo común de tierra cocida. El ahorro se verifica en que se pueden construir cerramientos con espesores menores a los de cerramientos tradicionales, por su buena aislación térmica, (con lo que se ocupa menos espacio en el terreno y se usa menor cantidad de material de unión y son más livianos (con lo cual se ahorra en traslado. La técnica de fabricación es muy simple, fácilmente reproducible por personal no especializado. No es necesaria infraestructura de gran envergadura para producir el material, ni suelo para extracción de áridos (Herrera Muriel, Atribucion N°Comercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5), 2018).

8. Conclusiones

Esta investigación sugiere nuevas alternativas ecológicas en cuanto a materiales para la construcción, no para reemplazar por completo los bloques convencionales debido a que su compuesto de alta resistencia lo convierte en un elemento de primera necesidad, pero si, para disminuir un porcentaje considerable en la explotación de materiales para la elaboración del mismo.

La reducción de materiales no biodegradables se logra a través de la reutilización de los mismos por medio del reciclaje, de esta manera se minimiza el impacto ambiental y se contribuye a nuevas alternativas de construcción sustentables.

Una vez adoptado el porcentaje ideal de PET en la mezcla homogénea de hormigón para la elaboración de nuevos bloques, el porcentaje de agregado de arena se reduciría de igual manera al porcentaje de agregado de PET, lo cual indica, que la explotación minera reduciría ese mismo porcentaje en excavaciones de material de agregados “arena”.

9. Recomendaciones

Una vez concluida la investigación se logra determinar la relevancia de la fabricación del nuevo bloque, primero para determinar la homogeneidad que pueda presentar el material de PET con el hormigón con los diferentes porcentajes propuestos.

Otorgar los días de traslado individuales a cada muestra por medio de cilindros para determinar su capacidad de compactación y por último realizar las pruebas de laboratorio pertinentes para calcular la resistencia a la flexión y la capacidad portante individual de cada muestra, de esta manera se logrará demostrar matemáticamente cuál de los porcentajes propuestos nos arroja la mayor resistencia y así dar por sentado el porcentaje adecuado para la elaboración de los mismos.

Las pruebas de laboratorio aparte de darnos un dato real de la resistencia de los bloques y de su durabilidad y calidad para competir en el mercado como un nuevo producto para material de construcción, estadísticamente según la prueba individual de cada bloque nos da el porcentaje real de la reducción de material de agregados en la explotación minera que se están permitiendo. En Colombia actualmente y la minimización de los materiales no biodegradables que hoy por hoy se están convirtiendo en foco de contaminación ambiental tanto en los rellenos, ríos, etc.

Referencias Bibliográficas

- Acoplasticos. (2020). *Acoplasticos*. Obtenido de <http://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-pre/opm-bus-pref/36-opc-fag-pre4>
- AK van der Vegt y LE Govaert, p. d. (s.f.). Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Tereftalato_de_polietileno
- Ambientum. (13 de Noviembre de 2018). *Alarmante Contaminacion De Plasticos En Colombia*. Obtenido de <https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/contaminacion-plasticos-colombia.asp>
- Aristizabal, C., & Sachica, M. S. (2001). *El aprovechamiento de los residuos solidos domiciliarios no toxicos en Bogota. D.C.* Bogota. Retrieved from <https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/derecho/dere2/Tesis54.pdf>
- Arrascue Bazan, E. J., & Cano Herrera, M. E. (2017). *Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la fabricación de ladrillos vibro compactado de cemento*. Nuevo Chimbote - Peru. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2728/43002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arrascue Bazan, E., & Cano Herrera, M. (2017). *Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la fabricación de ladrillos Vibrocompactado de cemento*. Obtenido de Universidad Nacional de Santa: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2728>
- Arrascue Bazan, Einer Javier; Cano Herrera, Marx Engels. (2017). *Utilización de materiales plásticos de reciclaje como adición en la fabricación de ladrillos vibro compactado de cemento*. Nuevo chimbote - Peru. Obtenido de <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2728/43002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Barranzuela Lescano, J. E. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Region Piura*. Piura. Retrieved from https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barranzuela, J. E. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura*. Tesis, Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Blogs Universal. (2020). "Contaminación marina por plásticos exige estrategia en Cartagena": *MarViva. Blogs Universal*.
- Bloqueras.ORG. (2020). *Bloqueras de Concreto*. Obtenido de <https://bloqueras.org/bloques-concreto/>

- Blow Molding International. (s.f.). *BMIMACHINES*. Obtenido de <https://www.bmimachines.com/paso-a-paso-como-se-fabrica-una-botella-de-pet/>
- Bravo, L. (04 de Junio de 2019). *UNA BOMBA DEL TIEMPO*. Obtenido de <https://www.vertigopolitico.com/columnas/lucy-bravo/una-bomba-de-tiempo>
- Cabo Laguna, M. (2011). *LADRILLO ECOLÓGICO COMO MATERIAL SOSTENIBLE PARA LA CONSTRUCCION*. Universidad Pública de Navarra. Retrieved from <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1>
- Cabo, M. (Junio de 2011). *Ladrillo Ecológico Como Material Sostenible Para La Construcción*. Obtenido de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1>
- Construyored. (04 de Diciembre de 2017). *Construyored*. Obtenido de <https://construyored.com/noticias/1834-ya-sabes-para-que-sirve-un-bloque-de-concreto>
- Di Marco Morales, R. O., & León Téllez, H. A. (14, 15 y 16 de septiembre de 2017). *5to Simposio Internacional de Investigación en Ciencias Económicas*. Obtenido de <http://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2017/5sim/39D.pdf>
- Econoticias. (9 de Mayo de 2020). Obtenido de <https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/194761/Cifras-graficos-estadisticas-maldito-plastico-oceanos>
- Gaggino, R., Kreiker, J., Mattioli, D., & Arguello, R. (Octubre de 2015). *Centro Experimental de la Vivienda Economica, Asociacion Vivienda Economica (CEVE-AVE) Y CONICET*. Obtenido de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/56370/CONICET_Digital_Nro.a447c64a-9704-4c31-972c-d20a3b201c13_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Garcia Astillero, A. (6 de Mayo de 2019). *Ecologia Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-es-impacto-ambiental-negativo-y-positivo-con-ejemplos-1512.html>
- Geyer, R. (11 de Diciembre de 2017). Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901>
- Geyer, R. (10 de Junio de 2019). *Catastrofe a nivel mundial*. Obtenido de Econoticias: <https://www.ecoticias.com/residuos-reciclaje/194761/Cifras-graficos-estadisticas-maldito-plastico-oceanos>
- Geyer, R., & Otros. (11 de Diciembre de 2017). Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901>
- Gomez, S. (13 de Noviembre de 2018). *Ambientum*. Obtenido de <https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/contaminacion-plasticos-colombia.asp>
- Green Peace. (s.f.). *Reporte de Plastico*. Obtenido de http://greenpeace.co/pdf/reportes_plasticos.pdf

- Greenpeace. (Octubre de 2018). *Colombia Mejor Sin Plásticos*. Obtenido de http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf
- Greenpeace.co. (Octubre de 2018). *Colombia mejor sin plasticos*. Obtenido de http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf
- Herrera Muriel, R. D. (2018, Noviembre 15). *Atribucion N°Comercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)*. Retrieved from <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22382/1/TESIS%20BLOQUE%20PET.pdf>
- Herrera Muriel, R. D. (15 de Noviembre de 2018). *Atribucion N°Comercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22382/1/TESIS%20BLOQUE%20PET.pdf>
- Herrera Muriel, R., & Piñeros Moreno, M. (15 de Noviembre de 2018). *Universidad Catolica de Colombia*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22382/1/TESIS%20BLOQUE%20PET.pdf>
- Infante, J., & Valderrama, C. (2019, Enero 15). *Información Tecnológica*. Retrieved from <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v30n5/0718-0764-infotec-30-05-00025.pdf>
- Instituto Colombiano De Normas Tecnicas y Certificacion (ICONTEC). (s.f.). *Norma Tecnica Colombiana*. Bogota: Instituto Colombiano De Normas Tecnicas y Certificacion (ICONTEC).
- Jambeck. (Febrero de 2015). Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901>
- Llique Mondragon, R. (2017). *Universidad Nacional de Cajamarca*. Retrieved from <http://190.116.36.86/bitstream/handle/UNC/1501/LADRILLOS%20DE%20CONCRETO%20CON%20PL%3%81STICO%20PET%20RECICLADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Martínez Amariz, A. D., & Cote Jiménez, M. L. (2014, Noviembre 11). *Inge Cuc, Vol. 10, N° 2*. Retrieved from file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-DisenoyFabricacionDeLadrilloReutilizandoMateriales-4974825%20(3).pdf
- Maure, J., Candanedo, M., Madrid, J., Bolobosky, M., & Marin, N. (Mayo de 2018). *Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas*. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/1816-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8744-1-10-20180623%20(4).pdf
- Mendez, A. (26 de Octubre de 2010). *Residuos plasticos y reciclaje*. Obtenido de <https://quimica.laguia2000.com/quimica-ambiental/residuos-plasticos-y-el-reciclaje>
- Muñoz Pérez, L. (Noviembre de 2012). *Universidad Nacional Autonoma Mexico*. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/2514/1/TESIS.pdf>
- News Mundo. (11 de Diciembre de 2017). Obtenido de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-42304901>

ONU Medio Ambiente . (2018). *ONU Medio Ambiente (2018). PLÁSTICOS DE UN SOLO*. Obtenido de https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_SP.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Pedraza Archila, L. F. (26 de Mayo de 2017). *Atribucion N°Comercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)*. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15588/1/ESTUDIO%20DE%20ALTERNATIVA%20AL%20PROCESO%20DE%20RECICLAJE%20DEL%20PL%C3%81STICO%20PET%20EN%20LA%20UNIVERSIDAD%20CAT%C3%93LICA%20DE%20COL.pdf>

Perilla Tabares, C. J. (2017). *Estudio de la Universidad Catolica De Colombia*. Bogota.

Quiminte.com. (27 de OCTUBRE de 2013). Obtenido de <http://vengodelaedaddelplastico.blogspot.com/2013/10/usos-y-aplicaciones-del-poli-etileno.html>

Semana Sostenible. (2020). Medio Ambiente. *Semana Sostenible*, 1.

Sierra Jimenez, J. (2016). *Usos y aplicaciones del plástico PEAD reciclado en la fabricación de elementos estructurales para construcción de vivienda en Colombia*. Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Silva, C. A. (2017). *ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO*. Lima - Peru. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9389/SILVA_CARMEN_PLANTA_TRATAMIENTO_RESIDUOS_CONSTRUCCION.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sistemas Energeticos. (14 de Julio de 2016). *Fabricacion de Ladrillo en Base a Plastico Triturado*. Obtenido de https://www.academia.edu/27085141/Bloque_PET

Tabares Perilla, C. J. (2017). Retrieved from <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15588/1/ESTUDIO%20DE%20ALTERNATIVA%20AL%20PROCESO%20DE%20RECICLAJE%20DEL%20PL%C3%81STICO%20PET%20EN%20LA%20UNIVERSIDAD%20CAT%C3%93LICA%20DE%20COL.pdf>

Tabares Perilla, C. J. (2017). Retrieved from <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15588/1/ESTUDIO%20DE%20ALTERNATIVA%20AL%20PROCESO%20DE%20RECICLAJE%20DEL%20PL%C3%81STICO%20PET%20EN%20LA%20UNIVERSIDAD%20CAT%C3%93LICA%20DE%20COL.pdf>

Tabares Perilla, C. J. (2017). *ESTUDIO DE ALTERNATIVA AL PROCESO DE RECICLAJE DEL PLÁSTICO*. Bogota D.C.

Tecnologia de los Plasticos. (06 de julio de 2011). *Tecnologia de los Plasticos*. Obtenido de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/reciclado-quimico-de-pet.html>

Tolozano Zuñiga, M. (2016). *USO DE BLOQUES DE PLÁSTICO RECICLADO PARA VIVIENDA*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11464/1/PDF%20TESIS%20DE%20MARTHA%20TOLOZANO%20-%20copia%20%282%29.pdf>

Tuero Rojas, R., & Lopez Jara, A. (2016). *Universidad Andina del Cusco*. Obtenido de "EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LAS PROPIEDADES: http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/705/1/Reynaldo_Adriana_Tesis_bachiller_2016.pdf