

PROPUESTA DE UN MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE  
CEMENTO Y EL RECICLAJE DE PET

JULIAN GARZON AMAYA  
ANDRES MONTAÑO BALLESTEROS

UNIVERSIDAD MINUTO DE DIOS  
INGENIERÍA CIVIL  
ZIPAQUIRÁ  
2014

PROPUESTA DE UN MATERIAL PARA LA CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE  
CEMENTO Y EL RECICLAJE DE PET

JULIAN GARZON AMAYA  
ANDRES MONTAÑO BALLESTEROS

Trabajo de grado en la modalidad de investigación para obtener el título de ingeniería civil

INGENIERA CONSTANZA GARCIA  
ASESORA

UNIVERSIDAD MINUTO DE DIOS  
INGENIERÍA CIVIL  
TRABAJO DE GRADO  
ZIQAQUIRÁ  
2014

*Andrés Montaña Ballesteros*

*“Dedico a todas las personas que me colaboraron y apoyaron en el transcurso de mi formación profesional y personal, mis padres Miriam y Néstor, y a mis hermanos que con su voluntad, esfuerzo y compañía me ayudaron a lograr esta meta. A mi familia que estuvo siempre pendiente en las buenas y malas, en especial a mi abuela Blanca y mi tía Berenice. A mi novia que con todo su amor y amistad me ayudó a culminar mis logros y me dio ánimos para no rendirme en este camino. A mis amigos Julián y Viviana que a lo largo de la formación profesional estuvieron ahí y juntos fuimos cumpliendo la meta de ser profesionales. Este, es el trabajo con el que culmina una etapa de mi vida dando gracias a Dios por todos los logros alcanzados”.*

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	9
1. JUSTIFICACIÓN .....	10
2. OBJETIVOS .....	11
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3. MARCO REFERENCIAL.....	12
3.1 MARCO TEÓRICO .....	12
3.1.1 Los plásticos. ....	12
3.1.2 Bloques de Concreto.....	14
3.1.3 Concreto. ....	19
3.1.4 Mampostería. ....	26
3.2 MARCO LEGAL.....	29
4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	33
5. MÉTODO Y METODOLOGÍA.....	34
5.1 MÉTODO.....	34
5.2 METODOLOGÍA.....	34
6. VARIABLES E INDICADORES .....	38
7. RESULTADOS.....	40
8. CONCLUSIONES .....	54
9. RECOMENDACIONES .....	56
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57

## TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características PET .....	14
Tabla 2. Densidades de los tipos de Bloques. ....	16
Tabla 3. Resistencia a la compresión en bloques de concreto.....	16
Tabla 4. Tipos de concreto .....	20
Tabla 5. Clasificación Agregados.....	21
Tabla 6. Tipos de granulometría .....	21
Tabla 7. Rangos Modulo de Finura .....	22
Tabla 8 Análisis Granulométrico Agregado Fino .....	22
Tabla 9 Requisitos de gradación para agregado grueso. ....	23
Tabla 10 Valores de Módulos Elásticos (Agregados).....	25
Tabla 11 Rango conductividad Térmica Agregados.....	25
Tabla 12 Propiedades del concreto .....	26
Tabla 13. Marco legal .....	29
Tabla 14 Materiales PETIBLOCK .....	36
Tabla 15. Diseño de mezcla .....	38
Tabla 16. Dimensiones Molde .....	40
Tabla 17. Resultados granulometría .....	43
Tabla 18. Diseño de mezcla .....	44
Tabla 19. Características Bloque .....	48
Tabla 20. Resistencia a la compresión en bloques de concreto.....	49
Tabla 21. Cálculos resistencia al concreto .....	51
Tabla 22. Resistencia a la compresión en bloques de concreto.....	52
Tabla 23. Ficha técnica Petiblock .....	53

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Partes del bloque (1).....	17
Figura 2. Partes del bloque (2).....	18
Figura 3. Producción de cemento .....	19
Figura 4. Mampostería de cavidad reforzada .....	27
Figura 5. Mampostería reforzada y parcialmente reforzada .....	28
Figura 6. Mampostería confinada .....	28
Figura 7. Grafica Diseño de mezcla (1).....	39
Figura 8. Grafica diseño de mezcla (2) .....	39
Figura 9. Molde bloque (1).....	40
Figura 10. Molde bloque (2).....	41
Figura 11. Peso del PET para la granulometría .....	41
Figura 12. Tamices .....	42
Figura 13. Tamizado del plástico PET .....	42
Figura 14. Tamizado del plástico PET .....	43
Figura 15. Proporción de materiales .....	44
Figura 16. Mezcla de los materiales (1) .....	45
Figura 17. Mezcla de los materiales (2) .....	45
Figura 18. Mezcla de los materiales (3) .....	46
Figura 19. Colocación de la mezcla en el molde .....	46
Figura 20. Compactación Bloque de concreto y plástico .....	47
Figura 21. Bloque de cemento y plástico (Petiblock).....	47
Figura 22. Bloque de cemento y plástico (Petiblock).....	48
Figura 23. Bloque de cemento y plástico sometidos a compresión (Petiblock) .....	49
Figura 24. Bloque sometido a la compresión .....	50
Figura 25. Bloque fracturado (1) .....	50
Figura 26. Bloque fracturado (2) .....	51
Figura 27. Comparación de resistencia mínima a los 7 días .....	52
Figura 28. Comparación Pesos de los bloques.....	53

## RESUMEN

Uno de los impactos que sufre el planeta Tierra es el desgaste de la corteza terrestre, esto se debe a la extracción de los minerales para materiales de construcción.

Se realizó un trabajo experimental consistió en elaborar, ensayar y caracterizar mezclas de Tereftalato de Polietileno (PET) y Cemento. Para llevar a cabo este proyecto se implementó una metodología experimental y con ayuda de esto poder determinar de modo preliminar el posible comportamiento del plástico PET para ser usado como agregado en una mezcla de concreto para la elaboración de bloques, ya que es altamente contaminante y así llegaríamos a reducir el negativo impacto ambiental generado por estas el desgaste de la corteza terrestre y contaminación del plástico PET. Durante el proceso de ejecución de la investigación se realizaron análisis detallados de las propiedades físicas, químicas y mecánicas del plástico PET y del cemento, para así determinar la dosificación ideal de materiales. Se realizaron dos diseños de mezclas en donde se reemplazó por completo los agregados pétreos. Para determinar las propiedades del nuevo material ecológico se realizaron una serie de ensayos para ver la viabilidad técnica del mampuesto. El estudio de factibilidad radica en que el PETIBLOCK para diferentes dosificaciones de materiales conserve los parámetros de resistencia y peso cumpliendo las normativas vigentes, para así poderse implementar como material para la construcción. Esta idea surgió de la iniciativa de utilizar a un gremio como la construcción que tiene índices de contaminación muy altos como agente de reducción del impacto ambiental.

Esta alternativa reduciría el uso de agregados pétreos e implementaría la reutilización y reciclaje de residuos de plástico PET altamente contaminantes.

**Palabras Clave:** Plástico PET, Cemento, Resistencia, Impacto ambiental, Bloques de concreto, Reciclaje, Agregados pétreos, Material, Mezcla, Extracción, Desgaste corteza terrestre, Mampostería.

## ABSTRACT

One of the impacts suffered by the planet Earth is the weathering of the crustal. This is due to the extraction of minerals for building materials.

This study develops, tests and characterizes mixtures of polyethylene terephthalate (PET) and Cement. To carry out this project, an experimental methodology was implemented in order to determine preliminarily behaviors of PET plastic used as aggregate in a concrete mixture for the production of blocks, as it is highly polluting and thus end up at reducing the negative environmental impact caused by these wear crustal contamination and PET plastic. The execution of the research analysis of the physical, chemical and mechanical properties of PET plastic and cement were performed in order to determine the ideal dosage of materials. Two designs of mixtures were made in which the stone was completely replaced from the additions. To determine the properties of the new environmentally friendly material a series of tests were performed to see the technical feasibility of the masonry. The feasibility of this study is that the different dosages PETIBLOCK conserve material strength parameters and weight according to the regulations in this case it can be possible to implement as building material. This idea came from the initiative to use the building guild that has very high levels of pollution as an agent for reducing environmental impact.

This alternative would reduce the use of stone aggregates and implement the reuse and recycling of plastic PET highly polluting.

**KEY WORDS:** PET plastic, Cement, Resistance, Environmental Impact, Concrete blocks, Recycled, Aggregate stone, Material, Mix, Extraction, Wear crust, Masonry.

## INTRODUCCIÓN

Las actividades de construcción generan altos índices de contaminación, originados desde la extracción de materiales de la corteza terrestre hasta la disposición final del producto (después de la vida útil de la construcción). Con este proyecto se quiere encontrar la manera de reducir el impacto ambiental generado por el desgaste y pérdida de la cobertura terrestre provocado en el momento de la extracción de materiales pétreos.

Este proyecto tiene como objetivo realizar la investigación para estudiar la viabilidad de proponer un nuevo material para la construcción elaborado con cemento y residuos de plástico (PET), y así contribuir en la reducción de residuos generados en la construcción.

Dentro de la investigación se realizó un análisis de las propiedades físicas, químicas y mecánicas del cemento, del plástico PET, de los agregados y de los bloques en concreto, con ayuda de esto se logró obtener las características que debe poseer cada uno de los materiales con los que se elaboró la mezcla para la fabricación del nuevo material.

El material propuesto fue un bloque de concreto, elaborado con la mezcla de dos materiales, el primero fue el cemento, y para el segundo se realizó un estudio para ver la viabilidad de reemplazar a los agregados pétreos que generan un impacto negativo para el medio ambiente en el momento de su extracción ya que afecta la corteza terrestre, estos fueron reemplazados por los residuos de plástico PET, estos son altamente contaminantes para el medio ambiente, y así no reduciríamos solo el impacto ambiental generado por la extracción sino que también se lograra disminuir la contaminación formada por el plástico.

El nuevo material fue expuesto a ensayos de laboratorio, como fue el ensayo de resistencia a la compresión para determinar si posee la viabilidad necesaria para ser utilizado en la construcción.

## 1. JUSTIFICACIÓN

La ingeniería civil es una de las profesiones que más afecta al medio ambiente desde la explotación de minerales pétreos para la elaboración de materiales de construcción, hasta la contaminación que produce después de terminada la vida útil de una edificación.

Los altos índices de explotación de la corteza terrestre para la extracción de minerales pétreos por medio de métodos existentes como: la explotación de canteras y extracción de álveos o causes de los ríos, está generando un gran desgaste de la corteza terrestre, formando un inmenso e irremediable impacto ambiental, por lo cual es necesario y se debe usar métodos o técnicas diferentes que permitan preservar el medio ambiente. Los materiales extraídos de la corteza terrestre son muy importantes en la construcción, ya que son componentes para la elaboración de materiales y elementos empleados en las obras civiles.

Por otro lado vemos la posibilidad de que este mismo gremio que tanto afecta al medio ambiente ayude a solucionar el problema con ayuda de una propuesta de un material ecológico que sería un bloque de concreto compuesto de cemento y plástico PET, este último un residuo muy contaminante para el medio ambiente. Con ayuda de este material se disminuiría el uso de agregados pétreos extraídos de la corteza terrestre y por otra parte se le daría un mejor uso a esos residuos de plástico PET contaminantes.

En este proyecto se hará una detallada y focalizada investigación para conocer la viabilidad de reemplazar uno de los principales materiales en la construcción de bloques de concreto para la fabricación de mampostería parcialmente reforzada, los agregados pétreos, por el plástico PET como un nuevo material innovador, esperando que este material cumpla con las características, funciones y propiedades que este material cumpla con las características, funciones y propiedades que poseen los agregados pétreos. Uno de los principales propósitos de investigación es que al reemplazar estos materiales se contribuya con una mayor preservación de la naturaleza, un mejor manejo de los recursos naturales y un mayor reciclaje de un material altamente contaminante como lo es el plástico PET.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Proponer un bloque para la construcción de muros elaborado a partir de residuos de plástico PET y cemento.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del cemento y PET.
- Plantear el desarrollo técnico y tecnológico para la elaboración del mampuesto.
- Comprobar la resistencia del mampuesto elaborado a base de cemento y PET.

### 3. MARCO REFERENCIAL

#### 3.1 MARCO TEÓRICO

A lo largo del tiempo la construcción ha generado un impacto ambiental, debido a que para la obtención de materiales se realizan procesos de extracción de materiales pétreos de las canteras que afectan la corteza terrestre. Teniendo en cuenta los objetivos se detectó el aporte tangible, que para la construcción puede generar al remplazar los materiales que se extraen de la corteza terrestre por otros.

El plástico es un material que los podría sustituir ya que al utilizarlo en la construcción reduciría el impacto generado por utilizar materiales pétreos y así mismo ayudaría con la reutilización del plástico que ha servido esencialmente al ser humano por su bajo costo de producción y porque suple el consumo masivo de materiales extraídos de los minerales terrestres.

Se han realizados varias investigaciones de la reutilización del plástico como material de construcción; El Centro Experimental de Vivienda Económica (CEVE) de Argentina, para el año 2005 desarrollo y elaboro un nuevo material de construcción, generado de los desechos de productos como lo son el papel, el plástico y las cáscaras de maní (CEVE, 2005). En la Universidad de Buenos Aires, Argentina en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo (FADU), desarrollan materiales de construcción ecológica, económica y de alta calidad, con residuos de plásticos. (FADU, 2006)

##### 3.1.1 Los plásticos.

La palabra plástico se refiere a una gran variedad de sustancias las cuales se distinguen entre sí por su estructura, propiedades y composición. Las propiedades que poseen los plásticos son tantas y tan variadas (Tabla 1) que pueden llegar a sustituir a materiales convencionales como la madera, los metales y sus complementarios.

Los plásticos forman parte de un grupo de compuestos orgánicos denominados polímeros. Estos son conformados por largas cadenas macromoleculares compuestas principalmente por carbono e hidrogeno. Son obtenidos mediante reacciones químicas.

Los materiales plásticos tienen una mínima normatividad ambiental y control de su uso, por lo cual tienen una amplia oferta y sus costos de producción son muy bajos.

En Colombia la industria del plástico ha sido la actividad más dinámica de las últimas décadas, ya que su *“crecimiento anual esta alrededor del 7%. En el año 2002 exportó 227 millones de dólares, siendo este valor el 3,75%”* (MAVDT, 2008) del total de las exportaciones industriales.

### **3.1.1.1 Polietileno tereftalato (PET)**

El PET es un polímero muy utilizado en envases de bebidas y textiles siendo un tipo de materia prima derivada del petróleo, su denominación técnica es polietileno tereftalato o zolitereftalato de etileno y forma parte del grupo de los termoplásticos, razón por la cual es posible reciclarlo. *“Este se encuentra constituido de petróleo crudo, gas y aire. Un kilo de PET es 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire”* (Mariano, 2011). A partir del petróleo crudo se extrae el paraxileno y por reacción química se oxida con el aire para dar el ácido tereftálico. El etileno, que se obtiene a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar el etilenglicol. La combinación de estos dos componentes da como resultado el PET.

El PET es un plástico que se caracteriza por su alta resistencia química, térmica, tenacidad, gases atmosféricos, absorbe poca cantidad de agua, forma fibras fuertes y flexibles, muy buen coeficiente de deslizamiento, cristalizable, se esteriliza con rayos gamma y óxido de etileno, además es liviano.

*“Existen diferentes grados de PET, los cuales se diferencian por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y los de mayor peso molecular, grado ingeniería.”* (MAVDT, 2008) El PET tiene unas propiedades específicas las cuales se encuentran expresadas en la tabla 1.

### 3.1.1.2 Propiedades del PET

Tabla 1. Características PET

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	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 <sup>-4</sup> / °C	15.2 – 24
Resistencia al calor	°C	80 – 120
Resistencia dieléctrica	V/mm	13780 – 15750
Constante dieléctrica (60 Hz)	--	3.65
Absorción de agua (24 h)	%	0.02
Velocidad de combustión	mm/min	Consumo lento
Efecto luz solar	--	Se decolora ligeramente
Calidad de mecanizado	--	Excelente
Calidad óptica	--	Transparente a opaco
Temperatura de fusión	°C	244 - 254

(Fuente: Terry L. Richardson, 1999)

### 3.1.2 Bloques de Concreto.

Unidad de concreto para mampostería o bloque de albañilería, es un material prefabricado de construcción que está previamente moldeado para la albañilería en sistemas de mampostería simple o estructural, compuestos usualmente por cemento, arena, agua, piedra partida y otros aditivos.

El bloque de concreto puede poseer dos o más orificios (los cuales reducen el peso y la resistencia de los bloques) o puede tener un núcleo sólido, además cuenta con una forma rectangular. Estos bloques se manipulan a mano y se usan para una gran variedad de estructuras como paredes, zapatas, muros para vivienda, parapetos, sobre cimientos, muros estructurales, muros de retención, muros de

contención, muros simples o divisorios (no son muros que soporten cargas), o construcción de lozas.

### **3.1.2.1 Características (Gordillo, 2006)**

Los bloques pueden ser lisos o con superficie rugosa. También pueden llegar a pintarse con colorantes integrales o con pigmento, o como el bloque glaze el cual lo cubre porcelana y es utilizado para sanitarios y en lugares con humedad.

Hay dos clases de bloques principalmente: El bloque regular, y el bloque para ángulos y acabados.

- El bloque regular cuenta con una característica muy específica y son sus esquinas las cuales sobresalen para que el mortero quede dentro de la unión de los bloques y no se pueda visualizar.
- El bloque para ángulos y acabado no cuenta con estas esquinas extendidas sino posee unidades que dan un acabado más suave, además se utilizan para los marcos de puertas y ventanas.

Cada uno de los bloques de concreto deben estar intactos para que su unión sea la apropiada y encajen perfectamente con los otros sin presentar imperfecciones como los son las fisuras además esto ayuda a que la estabilidad de la construcción sea mayor.

La presencia de fisuras, inherentes al proceso de fabricación, o de destornillamientos pequeños, se presenta debido a los métodos corrientes de manejo, durante el transporte a la obra como durante su entrega no se deben tomar como argumento de rechazo.

El cinco por ciento (5%) del envío puede tener pequeñas fisuras o desportilladuras, no mayores de 13 mm en cualquier dimensión, o fisuras de no más de 0,5 mm de ancho y una longitud de no más del 25 % de la altura nominal de la unidad.

### **3.1.2.2 Propiedades (Valdés & Rapimán, 2007)**

Físicas

#### **Densidad**

Esta propiedad establece si el bloque es pesado o liviano, respecto a las densidades de la tabla 2:

**Tabla 2. Densidades de los tipos de Bloques.**

<b>Tipo</b>	<b>Densidad</b>
liviano	$< 1680 \text{ Kg/m}^3$
Medio	$1680 \text{ Kg/m}^3 < 2000 \text{ Kg/m}^3$
Normal	$> 2000 \text{ Kg/m}^3$

(Fuente: (Valdés & Rapimán, 2007))

### *Absorción*

Expresa la cantidad de agua que absorbe el bloque y se calcula en porcentaje de peso seco. Se afecta directamente con: la permeabilidad, la adherencia y la resistencia del bloque.

### *Eflorescencia*

Esta propiedad se conceptualiza en acumulaciones habitualmente blancuzcas que se presentan en el área de los materiales de construcción.

La humedad y las sales disueltas que se dejen en contacto con estos materiales producen fenómenos de eflorescencia.

### *Mecánicas*

#### *Resistencia a la Compresión*

Los bloques deben resistir a esta propiedad mecánica, ya que este es el índice de calidad más requerido y esta conlleva a que la estructura resista cargas en la construcción. Se debe generar una carga en el bloque en la misma orientación del muro para así poder calcular la resistencia (Compresión axial). En los ensayos se debe verificar que exista una distribución de fuerza a lo largo de todo el bloque uniformemente.

Según la norma NTC 673, en el período de atención y despacho al comprador, este debe exigir la resistencia a la compresión y absorción del mampuesto expuestos en la tabla 3:

**Tabla 3. Resistencia a la compresión en bloques de concreto**

<b>Resistencia a la compresión a los 28 días, evaluada sobre el área neta promedio</b>	
<b>Mínimo, Mpa</b>	
<b>Promedio de 3 unidades</b>	<b>Individual</b>
6.0	5.0

(Fuente: (NTC 4076, 1997))

### Acústicas y Térmicas

El coeficiente de conductividad térmica de los bloques es inestable, y esto se debe al espesor y a los agregados que fueron utilizados en la fabricación. En comparación con los ladrillos de arcilla con las mismas características de espesor, los de arcilla poseen una mayor transmisión térmica.

Los bloques poseen un contenido de absorción y transmisión del sonido entre un 25% a un 50%. Comúnmente el valor que poseen los materiales utilizados en la construcción está alrededor de un 15%, se concluye que los bloques tienen una mayor resistencia a la transmisión del sonido.

#### 3.1.2.3 Elaboración, medidas y especificaciones (Universidad José Cecilio del Valle, 2013)

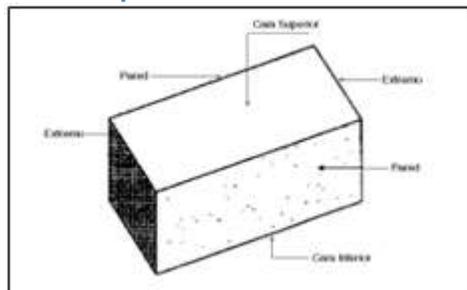
Para la elaboración del PET es vital utilizar un equipo de vibrado y moldes metálicos con sus respectivas medidas: 1) con un calibre de 4", medidas de 10cm x 20cm x 40cm; 2) con un calibre de 6", medidas de 15cm x 20cm x 40cm; y 3) con un calibre de 8", medidas de 20cm x 20cm x 40cm (la única medida que puede variar, es el ancho del bloque el resto se mantendrá según lo establecido). Por lo general, los bloques, deben tener 9mm menos de las medidas establecidas anteriormente, ya que la aplicación de mortero ocupa espacio entre los bloques.

Cuando el bloque tiene perforaciones, los tabiques verticales del bloque deben medir 20mm. Estos tabiques se elaboran con el propósito de que dentro del muro quede espacio para las tuberías y así no se vean, brindándole funcionalidad y un mayor sentido estético.

#### 3.1.2.4 Partes

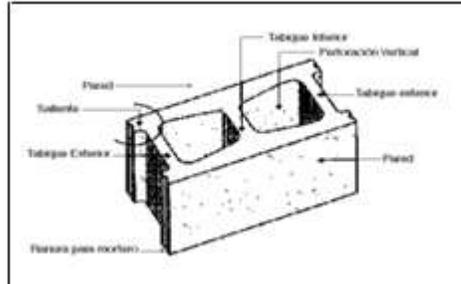
En la Figura 1 nos muestran las partes de un bloque de concreto macizo y perforado.

Figura 1. Partes del bloque (1).  
Bloque de concreto macizo.



(Fuente: (Instituto Colombiano de productores de cemento, 2009))

**Figura 2. Partes del bloque (2)  
(B) Bloque de Concreto Perforado**



(Fuente: (Instituto Colombiano de productores de cemento, 2009))

### **3.1.2.5 Acabado y apariencia (Valdés & Rapimán, 2007)**

El bloque no debe presentar daños, fisuras ni otras averías que intervengan con la adherencia o la estabilidad y resistencia en la estructura. Lo anterior es inherente al proceso de fabricación, al manejo durante el transporte y entrega y no se deben tomar como argumento de rechazo. Comúnmente el cinco por ciento (5 %) del envío puede tener pequeñas fisuras o desportilladuras, no mayores de 13 mm en cualquier dimensión, o fisuras de no más de 0,5 mm de ancho y una longitud de no más del 25 % de la altura nominal de la unidad.

### **3.1.2.6 Agregados en el bloque de concreto**

Es importante conocer la procedencia y las propiedades químicas y físicas, ya que pueden reaccionar negativamente con el cemento y reducir su vida útil. Mientras más dureza posea mejor será su comportamiento a la compresión. Los mejores resultados se han obtenido con materiales pétreos, preferiblemente triturados y lavados (de minas) o de río (canto rodado). Deben excluirse los materiales contaminados con arcilla, alargados o aplanados. De su granulometría dependen el acabado y la textura del bloque. Es importante analizar su densidad, granulometría, resistencia, tenacidad, absorción y sanidad. (NTC 174, 1997).

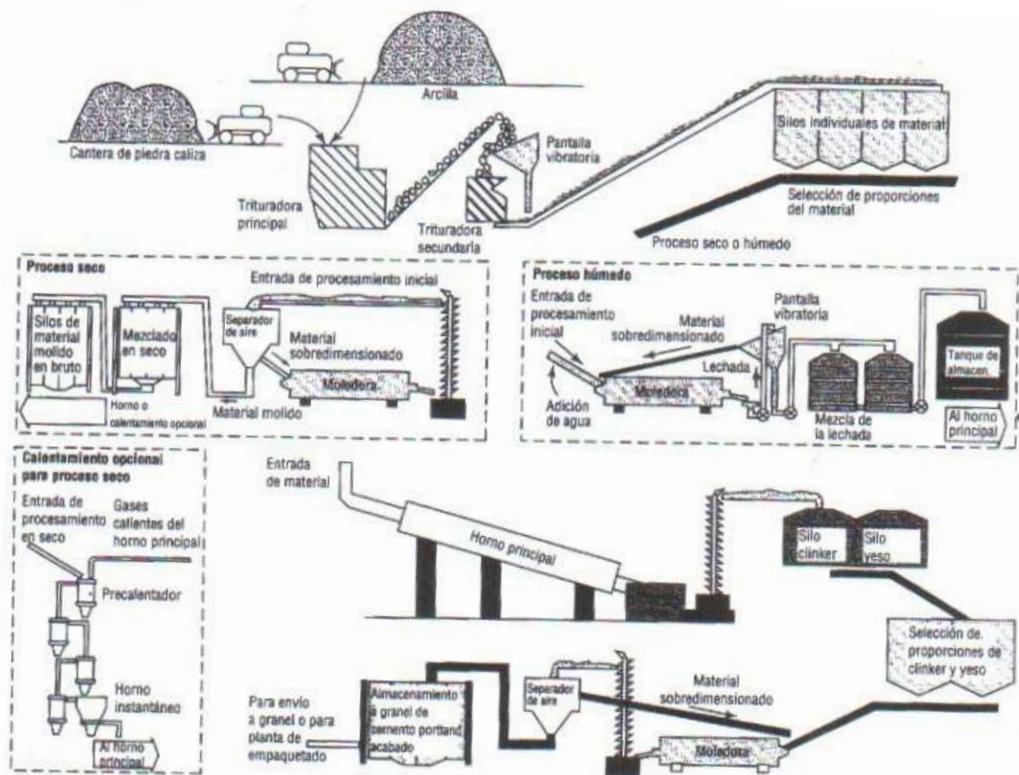
### 3.1.3 Concreto.

El concreto es la mezcla de material aglutinante como el cemento Portland, un material de relleno como agregados o áridos y agua, que al endurecerse forma una piedra artificial, la cual es capaz de soportar grandes esfuerzos a compresión. A continuación se explican los materiales que componen el concreto:

#### 3.1.3.1 Cemento

El cemento es un material conglomerante utilizado en la construcción para formar el concreto o mortero. La producción del cemento comienza con dos materiales brutos básicos: material calcáreo y material arcilloso, este material calcáreo puede ser extraído de una piedra caliza, yeso o conchas de ostras. El material arcilloso es una mezcla entre silicio y aluminio que puede obtenerse a partir de arcilla, esquistos y escoria de hornos altos.

Figura 3. Producción de cemento



(Fuente: (Mamlouk, 2009))

Como se observa en la figura 3., estos dos materiales se trituran, en las proporciones requeridas, luego pasan a través de una molidora utilizando dos procesos: húmedo o seco según corresponda. El material ya molido se almacena hasta que pueda pasar al horno principal, en este horno los materiales son fundidos a “temperaturas de 1550 a 1650 grados Celsius” (SANCHEZ, 2001), lo que hace que nuestros materiales se conviertan en Clinker de cemento, este se enfría y se almacena para así luego llegar al proceso final moliendo el Clinker y obteniendo el polvo fino que conocemos como cemento.

El cemento específicamente en la norma ASTM C150 se clasifica como se indica en la tabla 4.

**Tabla 4. Tipos de concreto**

<b>TIPO I</b>	Normal
<b>TIPO II</b>	Resistencia moderada a los sulfatos
<b>TIPO III</b>	Alta resistencia inicial
<b>TIPO IV</b>	Bajo calor de hidratación
<b>TIPO V</b>	Alta resistencia a los sulfatos

(Fuente: (ASTM C150))

La propiedad del cemento se debe a la reacción química de cemento y agua llamada hidratación ya que: *“El cemento Portland no es un compuesto químico simple, sino que es una mezcla de muchos compuestos. Cuatro de ellos conforman el 90% o más del peso del cemento Portland y son: el silicato tricálcico, el silicato dicálcico, el aluminato tricálcico y el aluminio ferrito tetracálcico.”* (Mamlouk, Materiales para ingeniería civil, 2009). Estos componentes principales del cemento desempeñan papeles muy importantes en el proceso de hidratación; Los tipos de cemento que mencionamos anteriormente contienen estos cuatro componentes principales, pero en proporciones diferentes.

### **3.1.3.2 Agregados (Asogras, s.f.)**

Los agregados son diferentes combinaciones de arena, grava o roca triturada, estas combinaciones se pueden encontrar en estados naturales o procesados. Estos son minerales comunes los cuales son producidos por la erosión del agua y el viento. Son materiales necesarios para la sociedad. Teniendo en cuenta que la arena y la grava son muy similares y que estos dos materiales se deban separar de otros para su obtención, hay principalmente dos diferencias como lo son el tamaño del grano (ya que las partículas de la arena se encuentran entre 0,0625 y 5 mm, y las gravas son mayores a los a los 5 mm).

## Clasificación

Los agregados pétreos están básicamente encerrados en 3 grupos: por su naturaleza, por su origen y por su tamaño. (Tabla 5)

**Tabla 5. Clasificación Agregados**

<b>Naturaleza</b>	Ígneos, sedimentarios las cuales pueden ser ácidos (Silíceos, hidrófilos, mala adhesividad) o básicos (Alcalinos, hidrófobos, buena adhesividad) y metamórficos.
<b>Origen</b>	Naturales, artificiales y sintéticos.
<b>Tamaño</b>	Agregado fino: 5 micrones a 5 mm (Aproximadamente) y agregado grueso: 5 mm a 3 in (Máximo).

(Fuente: (Carrasco, 2009))

## Etapas de Extracción

La extracción de agregados trae muchas consecuencias al ambiente; Según Aso-gravas: *“Paralelo al desarrollo de la actividad minera, se llevan a cabo los procesos de rehabilitación y recuperación morfológica y ambiental del suelo, para finalmente darle a este otros usos como la agricultura, la ganadería, la recreación, urbanización o cualquier otro uso industrial”*. Con ayuda de esto se quiere o tratan de disminuir los efectos nocivos que produce esta actividad.

## Propiedades (Campos Cisneros, Ronald, 2009)

### Granulometría

Se define como la distribución de los tamaños de un agregado, para el cálculo de la gradación de los agregados se realiza con una serie de tamices así como esta descrito en la Norma Técnica Colombiana NTC 32, 77 y 174, en la Norma ASTM C 136 y Norma ASTM C 33, existe siete tipos de tamices patrones que se encuentran desde la malla No. 100 hasta la malla de 9.52 mm., estos ayudaran a distinguir los tamaños, y con ayuda de unos métodos encontraremos su módulo de finura (Agregado Grueso) y el tamaño máximo nominal y absoluto (Agregado Grueso).  
Tabla 6.

**Tabla 6. Tipos de granulometría**

<b>Bien granulada</b>	Esta se consigue cuando el proceso de tamizado presenta una distribución de una manera uniforme de mayor a menor. El grafico de este tipo de granulometría es una línea continua.
<b>Mal Granulada</b>	Esta se presenta cuando en el proceso de tamizado no se encuentra una continuidad entre el porcentaje de cada tamiz. El grafico de este tipo de granulometría presenta desviaciones.
<b>Uniforme</b>	Esta se obtiene cuando hay una presencia de agregado con el mismo tamaño en sus partículas.

<b>Abierta o discontinúa</b>	Esta se presenta cuando en uno o varios tamices no se retienen partículas del material.
------------------------------	---

(Fuente: (Campos Cisneros, Ronald, 2009))

Agregado Fino

*Módulo de Finura (MF)*

Es un valor obtenido de la suma de los porcentajes retenidos acumulados de la serie de tamices especificados que cumplan con la relación 1:2 desde el tamiz No. 4 al No. 100 dividido en 100

$$MF = \frac{\% \text{ Retenido acumulado}}{100}$$

La norma implanta este rango para el módulo de finura. (Tabla 7).

Tabla 7. Rangos Modulo de Finura

<b>MODULO DE FINURA</b>	
Ideal	2,8 – 3,4
Tolerable	2,7 – 3,5

(Fuente: (ICONTEC, 2000))

En la tabla 8 el Icontec determino el análisis granulométrico para agregado fino según (Norma NTC 174).

Tabla 8 Análisis Granulométrico Agregado Fino

<b>Tamiz</b>	<b>Abertura del Tamiz</b>	<b>Limite Superior</b>	<b>Límite Inferior</b>
3/8 "	9,5	100%	100%
N°4	4,75	100%	95%
N°8	2,36	100%	80%
N°16	1,18	85%	50%
N°30	0,6	60%	25%
N°50	0,3	30%	10%
N°100	0,15	10%	2%

(Fuente: (ICONTEC, 2000))

La granulometría de los agregados finos para hacer una buena mezcla de concreto según la norma debe estar en los rangos de la tabla 8.

Agregado Grueso.

*Tamaño Máximo (TM)*

Este es el menor tamaño de tamiz que pasa la totalidad (100%) la muestra de agregado.

*Tamaño Máximo Nominal (TMN)*

Otro resultado que proviene de un análisis granulométrico para agregado grueso es el TMN, este es el menor tamaño de tamiz en el que la muestra debe dejar pasar una gran parte de material, este puede retener de 5% a 15% del tamaño de agregado requerido.

La Norma NTC 174 se expone en la tabla 9:

**Tabla 9 Requisitos de gradación para agregado grueso.**

Número del tamaño del agregado	Tamaño nominal (tamices de abertura cuadrada)	Material que pasa uno de los siguientes tamices (porcentaje en masa)												
		100 mm	90 mm	75 mm	63 mm	50 mm	37,5 mm	25,0 mm	19,0 mm	12,5 mm	9,5 mm	4,75 mm (No.4)	2,36 mm (No.8)	1,18 mm (No.16)
1	90 mm a 37,5 mm	100	90-100	-	25-60	-	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
2	63 mm a 37,5 mm	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-	-
3	50 mm a 25,0 mm	-	-	-	100	90-100	35-70	0-15	-	0-5	-	-	-	-
367	50 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	-	0-5	-	-
4	37,5 mm a 19,0 mm	-	-	-	-	100	90-100	20-55	-	0-15	-	0-5	-	-
467	37,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	100	95-100	-	35-70	-	10-30	0-5	-	-
5	25,0 mm a 12,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-10	0-5	-	-	-
56	25,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	100	90-100	40-85	10-40	0-15	0-5	-	-
57	25,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	100	95-100	-	25-60	-	0-10	0-5	-
6	19,0 mm a 9,5 mm	-	-	-	-	-	-	100	90-100	20-55	0-15	0-5	-	-
67	19,0 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	100	90-100	-	20-55	0-10	0-5	-
7	12,5 mm a 4,75 mm (No.4)	-	-	-	-	-	-	-	100	90-100	40-70	0-15	0-5	-
8	9,5 mm a 2,36 mm (No.8)	-	-	-	-	-	-	-	-	100	85-100	10-30	0-10	0-5

(Fuente: (ICONTEC, 2000))

Físicas

*Densidad*

En los casos en los que buscamos diseñar y realizar concretos de bajo o alto peso unitario es una propiedad indispensable e importante, esta depende de la gravedad específica de sus componentes sólidos como de la porosidad del material.

Los materiales que poseen bajas densidades revelan que es poroso, débil y de elevada absorción.

*Porosidad*

El concepto de porosidad comprende al espacio no ocupado por materia sólida en la partícula del material. Esta es una de las propiedades más importantes ya que tiene una gran influencia en varias propiedades de los agregados como: *“la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elás-*

*ticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad”* (Campos Cisneros, Ronald, 2009).

### *Peso Unitario*

Este se calcula dividiendo el peso de las partículas entre el volumen total, *“incluye el volumen de las partículas individuales y el volumen de vacíos entre las partículas”* (INVÍAS, 2007), el proceso de cálculo se encuentra en las normas I.N.V.E – 217 – 07 y ASTM C 29, este es muy útil para realizar transformaciones de pesos a volúmenes.

### *Resistencia*

Los agregados intervienen directamente en la resistencia del concreto debido a la estructura, composición y textura de sus partículas.

En una mezcla de concreto, los agregados deben quedar bien cementados, ya que de lo contrario la mezcla será muy débil. El agregado debe resistir a la compresión para que complemente la resistencia del cemento y dar una resistencia total a la mezcla de concreto.

### *Dureza*

Esta propiedad es la que representa un mineral a ser rayado y a la resistencia que debe tener a la abrasión, erosión o en general al desgaste, y esta depende de las partículas que lo componen.

Los agregados que se utilizan para la mezcla de concretos deben contener una alta resistencia a los procesos de abrasión o erosión.

### *Módulo de elasticidad*

El módulo de elasticidad, es una medida que da el valor de esfuerzo o resistencia del material con relación a las posibles deformaciones de elasticidad que esté presente. El módulo de elasticidad se presenta en el concreto cuando sufre deformaciones, por lo tanto los agregados aunque con muy poca frecuencia se les determina el módulo de elasticidad, presentan elasticidades conforme al tipo de concreto y por eso se debe determinar.

**Tabla 10 Valores de Módulos Elásticos (Agregados)**

**Tabla:** Valores de módulos elásticos

<b>Tipo de agregado</b>	<b>Módulo Elástico</b>
GRANITOS	610000 kg/ cm <sup>2</sup>
ARENISCAS	310000 kg/ cm <sup>2</sup>
CALIZAS	280000 kg/ cm <sup>2</sup>
DIABASAS	860000 kg/ cm <sup>2</sup>
GABRO	860000 kg/ cm <sup>2</sup>

(Fuente: (Campos Cisneros, 2009))

## Térmicas

### *Coefficiente de Expansión*

El coeficiente de expansión es aquel que mide y calcula el contenido capaz de aumentar la estructura de los agregados directamente relacionado con el cambio de temperatura, este coeficiente es muy variable en los diferentes tipos de agregados, ya que está relacionado con el tipo de partículas que lo componen y forman su estructura.

### *Calor Específico*

Esta propiedad expresa el aumento de calor que se le debe proporcionar a una cantidad determinada de agregado para que este eleve su temperatura en un grado o una unidad, esta cantidad dependerá de la cuantía de temperatura que posee el agregado.

Este no se altera considerablemente en agregados porosos y ligeros.

### *Conductividad Térmica*

Esta propiedad en los agregados está directamente relacionada a la porosidad que estos poseen, representa la capacidad que tiene una masa para portar y transportar, así sea con o sin dificultad. (Tabla 11)

**Tabla 11 Rango conductividad Térmica Agregados**

<b>Material</b>	<b>Rango (BTU/pie.hr.°F)</b>
Agregados	$1.1 \leq X \leq 2.7$

(Fuente: (Campos Cisneros, 2009))

### Funciones de los Agregados en el Concreto.

Los agregados cumplen funciones fundamentales en la mezcla de concreto, beneficia a que la estructura del concreto sea firme y resistente, ayuda a reducir el uso de cemento, aumenta las resistencias a los trabajos de desgaste mecánico, los métodos de fraguado, endurecimiento y secado generan variaciones de volúmenes, el agregado comprime estas variaciones, y genera una mayor manejabilidad y cohesión a la pasta de concreto. Depende de las especificaciones y características de la estructura, el agregado que se debe usar para la preparación de la mezcla debe ser conforme con lo exigido por la estructura.

#### 3.1.3.3 Propiedades del Concreto

Tabla 12 Propiedades del concreto

<b>Manejabilidad</b>	Se considera como la propiedad del concreto para determinar la facilidad de colocación y la resistencia a la segregación.
<b>Plasticidad</b>	Esta es una consistencia del concreto la cual puede ser fácilmente moldeada.
<b>Consistencia</b>	Esta se refiere al estado de fluidez del concreto, define que tan seca o fluida se encuentra la mezcla de concreto en estado plástico.
<b>Segregación</b>	Es la separación de los materiales que constituyen la mezcla homogénea del concreto.
<b>Temperatura</b>	La temperatura promedio del concreto debe estar entre 10 y 29°C

(Fuente: (Campos Cisneros, 2009))

#### 3.1.4 Mampostería.

Es el término que se utiliza para referirse a las construcciones hechas con mampuestos naturales o prefabricados, los cuales poseen unas medidas estándares que facilitan el proceso de construcción. La mampostería es construida manualmente con ladrillos o bloques de concreto unidos por medio de mortero de pega de forma que queden bien aplomados, nivelados y alineados.

La mampostería en un comienzo se realizaba con piedra labrada, la cual se fundía con ayuda de una mezcla de cal y agua “argamasa” o a presión. La mampostería fue muy usada por los romanos para protegerse de los animales y el clima. Y después para construir puentes y acueductos. “La aplicación de este generalizado y económico sistema constructivo se remonta a 15.000 años atrás”. (NTC 4383, 1999)

Para la construcción de mampostería es necesario contar con materiales de alta calidad. Las estructuras de mampostería deben diseñarse por el método del esta-

do límite de resistencia utilizando las combinaciones de carga; se permite el diseño de estructuras de mampostería por el método de esfuerzo de trabajo admisibles utilizando las combinaciones de carga.

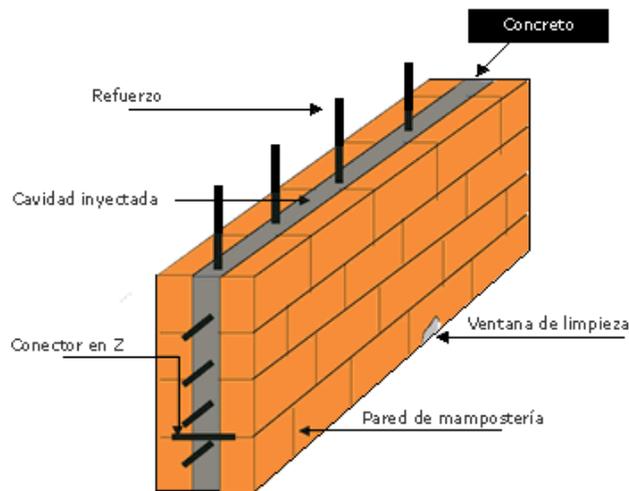
### 3.1.4.1 Clasificación de mampostería estructural

En la Norma Sismo Resistente Colombiana de 2010 se encontró la siguiente clasificación de la mampostería estructural.

#### *Mampostería de cavidad reforzada*

Construcción realizada con dos paredes de unidades de mampostería, colocadas de forma paralela, y estas son separadas por un espacio continuo de concreto reforzado.

Figura 4. Mampostería de cavidad reforzada

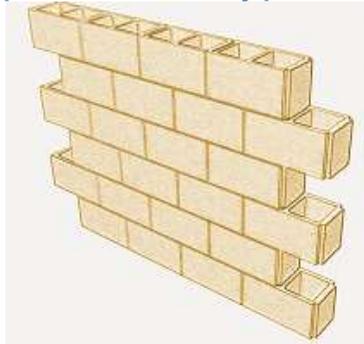


(Fuente: (Construdata, 2001))

#### *Mampostería reforzada*

Construcción con piezas de mampostería de perforación vertical, construida de tal manera que se formen cámaras que van reforzadas internamente con barras y alambre de acero.

Figura 5. Mampostería reforzada y parcialmente reforzada



(Fuente: (Construdata, 2001))

#### *Mampostería parcialmente reforzada*

Construcción constituida por piezas de mampostería, reforzadas internamente con barras y alambre de acero. Esta se clasifica, como un sistema de capacidad moderada.

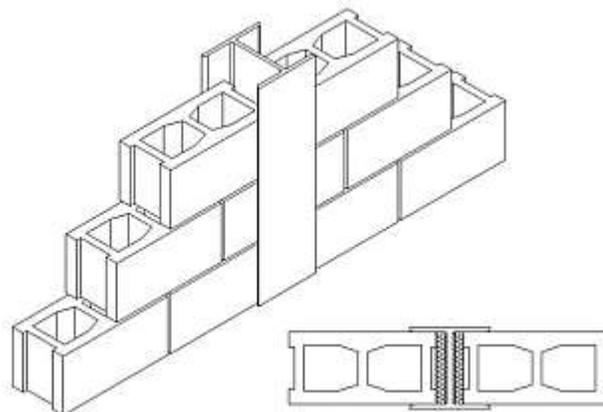
#### *Mampostería no reforzada*

Es la construcción netamente con piezas de mampostería estas están unidas por mortero que no satisface los requisitos previos y mínimos de refuerzo.

#### *Mampostería de muros confinados*

Construcción constituida por piezas de mampostería acopladas por medio de mortero las cuales están esencialmente reforzadas por elementos de concreto reforzado fundidos entorno del muro.

Figura 6. Mampostería confinada



(Fuente: (Angelica Maria Herrera y German Guillermo Madrid, 2001))

### 3.2 MARCO LEGAL

Las normatividad que se utilizó se puede observar en la Tabla 13.

Tabla 13.Marco legal

<b>Análisis ciclo de vida.</b>	<b>NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-ISO 14014</b>	“Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Marco de Referencia”.
<b>Normatividad recursos renovables.</b>	<b>Decreto 2811 de 1974</b>	Código de recursos naturales y del medio ambiente; Art. 33, 192, 193 Control de ruido en obras de infraestructura. Manejo y reutilización de materias orgánicas o inorgánicas para la construcción y ayuda del medio ambiente.
	<b>Ley 2 de 1959</b>	Economía Forestal de la Nación y conservación de recursos renovables.
<b>Impacto de los materiales de Construcción.</b>	<b>Decreto Reglamentario 2462 de 1989</b>	Reglamenta los procedimientos sobre explotación de materiales de construcción servirá para la reglamentación que usan las canteras y el daño que genera a la corteza terrestre.
	<b>Resolución 541 de 1994</b>	Reglamenta el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales concreto y agregados sueltos de construcción.
<b>Residuos Sólidos.</b>	<b>Ley 99 de 1993</b>	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.

	<b>Resolución 1045 de 2003</b>	Adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS, y se toman otras determinaciones.
	<b>Decreto 1713 de 2002</b>	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.
	<b>Decreto 838 de 2005</b>	Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
<b>Cemento.</b>	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 121</b>	Ingeniería Civil y Arquitectura. Cemento Portland. Especificaciones físicas y mecánicas.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 321</b>	Ingeniería Civil y Arquitectura. Cemento Portland. Especificaciones químicas.
	<b>Norma ICONTEC 30</b>	Clasificación y nomenclatura de los cementos Portland de acuerdo con sus cualidades y usos.
	<b>Norma ICONTEC 31</b>	Definiciones relacionadas con la fabricación de los diferentes tipos de cemento.
<b>Agregados.</b>	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 174</b>	Concretos. Especificaciones de los agregados para concreto.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 4045</b>	Ingeniería Civil y Arquitectura. Agregados livianos para concreto estructural.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 3937</b>	Ingeniería Civil y Arquitectura. Arena Normalizada para ensayos de cemento hidráulico.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 32</b>	Tejido de alambre y tamices para propósitos de ensayo.

	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 77</b>	Concretos. Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 385</b>	Ingeniería civil y arquitectura. Terminología relativa al concreto y sus agregados.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 129</b>	Ingeniería civil y arquitectura. Práctica para la toma de muestras de agregados.
<b>Agua de Mezcla.</b>	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 3459</b>	Concretos. Agua para la elaboración de concreto.
<b>Concreto.</b>	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 396</b>	Ingeniería Civil y Arquitectura. Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 454</b>	Concreto Fresco. Toma de muestras.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 504</b>	Ingeniería Civil y Arquitectura. Refrentado de especímenes cilindros de Concreto.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 550</b>	Concretos. Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 673</b>	Concretos. Ensayo de resistencia a la compresión de cilindros normales de Concreto.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 890</b>	Ingeniería civil y Arquitectura. Determinación del tiempo de fraguado de mezclas de concreto por medio de su resistencia a la penetración.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 1028</b>	Ingeniería civil y Arquitectura. Determinación del contenido de aire en concreto fresco. Método Volumétrico.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 1032</b>	Ingeniería civil y Arquitectura. Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de Presión.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 3318</b>	Concreto Premezclado.

	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 4025</b>	Concretos. Método de ensayo para determinar el módulo de Elasticidad estático y la relación de Poisson en concreto a Compresión.
<b>Construcción.</b>	<b>El Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-10)</b>	Esta norma reglamenta las condiciones con las que deben contar las construcciones con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.
<b>Bloque de concreto.</b>	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 4076</b>	Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería estructural.
	<b>Norma Técnica Colombiana NTC 4076</b>	Ingeniería civil y arquitectura. Unidades (bloques y ladrillos) de concreto, para mampostería no estructural interior y chapa de concreto.

#### 4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera podemos disminuir el uso de materiales de construcción elaborados a partir de la explotación de la corteza terrestre con el uso de materiales reciclables como es el caso del Polietileno tereftalato (PET)?

La disminución en el uso de materiales de construcción elaborados a partir de la explotación de la corteza terrestre se logra mediante la elaboración e implementación de un material a base de plástico de botellas (PET) y cemento, para que complemente o quizás reemplace los ya utilizados como los agregados.

El daño ambiental ha ido en aumento y la construcción es uno de los principales factores para ello, en la construcción se utilizan muchas materias primas y esto afecta negativamente el impacto ambiental, una forma de cambiar esto sería mezclando los materiales que se usan actualmente con nuevos materiales, más resistentes, más económicos y que colaboren a consumir menos materias primas como las extraídas de la corteza terrestre. Un material muy bueno para mezclarlo sería el plástico ya que es un material muy económico, liviano, irrompible, muy duradero, es muy usado en la vida diaria por lo cual es de fácil acceso y hasta buen aislante eléctrico acústico. Utilizando este material estaríamos haciendo un proceso de reciclaje porque es un material muy contaminante ya que su deterioro puede demorarse hasta 1000 años.

La contaminación del ambiente, se ha visto afectada por el plástico el cual es uno de los principales contaminantes del planeta, se tienen altas tasas de contaminación en el mundo por este producto, lo que se quiere lograr es implementar una medida a través de la cual se recicle el plástico (PET) y disminuya la explotación de las canteras de agregados en la zona, con un nuevo prototipo de material, como lo son los bloques de concreto y plástico PET (Petiblock).

## 5. MÉTODO Y METODOLOGÍA

### 5.1 MÉTODO

El método utilizado fue el analítico ya que todo comenzó desde que se planteó una solución para que la corteza terrestre no se viera tan afectada en el campo de la ingeniería civil a nivel de construcción, se empezó con una investigación; descomponiendo todas las partes que afecta a nivel de construcción el planeta, y por otro lado el daño que le estaba realizando el plástico. Se analizó y se planteó una posible solución que posiblemente pueda arreglar este problema, la cual es reutilizar el plástico PET y con este y su debido tratamiento mezclarlo con cemento y agua para así formar un nuevo material de construcción, y a partir de esto llegar a la elaboración de bloques de plástico y cemento.

### 5.2 METODOLOGÍA

Se comenzó por plantear una solución a una gran problemática que tiene la ingeniería civil en este momento como es el impacto ambiental que genera la construcción de todo tipo de obras civiles, esta le está haciendo un gran daño al planeta con todas las explotaciones de recursos naturales y desechos en el proceso de construcción de estas obras; Por otro lado se investigó el problema que está causando al medio ambiente el plástico ya que este necesita un tiempo de 100 a 1000 años para descomponerse, y está causando un gran impacto ambiental en el planeta.

Estudiado el problema se pensó en un material fácil de elaborar y que su fabricación no afectara tanto el impacto ambiental del planeta, se pensó en hacer bloques con un componente diferente que redujera los índices de contaminación en cuanto a la explotación de materias primas y emisiones de dióxido de carbono; entonces se comenzó a analizar y este material diferente sería el plástico ya que por un lado estaríamos reduciendo el impacto ambiental en la construcción y por otro lado se reduciría el impacto que causa este material al planeta por su lenta descomposición.

Se empezó a investigar todo sobre cómo se podría transformar el plástico en un material de construcción, se inició con el estudio de sus características para saber

si este se podía adherir a otros materiales de construcción sin que perdiera su resistencia y composición, así se pensó en elaborar BLOQUES DE PLÁSTICO Y CEMENTO, a base de plástico de botellas tereftalato de polietileno más conocido como el plástico PET.

Luego, con la idea clara se comenzó con un proceso de investigación donde fue importante conocer sobre las características a fondo del “nuevo” material (plástico), como también conocer sobre los procesos de fabricación del bloque y este material en la construcción.

Además se investigó sobre mampostería parcialmente reforzada; que en esto es donde se va utilizar el Petiblock cuando este elaborado. Se elaboró una buena investigación sobre la normatividad que rige todos los procesos de construcción y también todos los procesos ambientales, teniendo en cuenta que este nuevo material se va a utilizar en construcciones, pero por otro lado también se debe saber que se está elaborando un material para disminuir el uso de otros que afectan la corteza terrestre, y para así poder contribuir con el cuidado del medio ambiente.

Por último, para llegar a la fabricación del Petiblock se tuvo en cuenta todos los procesos que se utilizan para elaborarlo, como a la vez tener muy claro las dimensiones en las que se trabajaron los bloques y toda su normatividad.

Para la elaboración del Petiblock se elaboró primero que todo un molde en lámina de acero con medidas de 20 cm x 40 cm x 40 cm, seguido a esto se realizó la trituration de las botellas de plástico PET, mediante una máquina de trituration la cual dejo al material con una mayor manejabilidad, este material triturado se llevó al laboratorio y se elaboró un ensayo de granulometría, gracias a esto fue mucho más sencillo la mezcla con el cemento y el agua para poder lograr una pasta homogénea, luego se pasó la mezcla a los moldes del bloque para así darles las dimensiones, la forma y su procesos de fabricación, para luego darle su debido uso en la construcción de mampostería parcialmente reforzada.

Terminada la elaboración de los bloques Petiblock se llevó a laboratorio para realizarle los respectivos ensayos (Compresión) y luego de este procedimiento se buscó concluir con los resultados de obtenidos en el laboratorio a los bloques de concreto, para comprobar si la resistencia a la compresión se encontraba entre los requisitos mínimos que exige la Norma Técnica Colombiana (NTC)

Los materiales utilizados para la elaboración de los bloques de concreto se muestran en la Tabla 14

**Tabla 14 Materiales PETIBLOCK**

<b>TABLA DE MATERIALES</b>
Cemento Tipo I
Plástico PET
Molde en lámina de acero
Trituradora de plástico
Mezcladora de concreto
Agua

(Fuente: (Propia, 2014))

Con ayuda del análisis de las propiedades del plástico PET se observó que este podía reemplazar materiales utilizados en la fabricación de bloques de concreto, ya que cumple con las características de resistencia y flexibilidad que este requiere.

Para la elaboración de los bloques se realizó un molde en lámina galvanizada de calibre 18. (Tabla 16) (Figuras 9 y 10)

Se continuó con el laboratorio de granulometría basada en la norma NTC 77 método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos,

El cual se comenzó escogiendo una muestra del plástico PET equivalente a 100 gramos para hacer el ensayo. (Figura 11)

Se continuó depositando el plástico PET por los tamices desde el N°4 hasta el N° 200 ya que solo se realizó la prueba de agregado fino, porque el plástico no era mayor al diámetro del tamiz N°4 (Figura 12). Se realizó el tamizado como lo dice la norma NTC 77 y se obtuvieron los siguientes resultados. (Figura 13)

Los diseños de mezcla para la elaboración del bloque se establecieron con ayuda de la dosificación de cada uno de los materiales (Cemento, PET y agua), buscando la cantidad exacta de cada uno de estos para así lograr una mezcla óptima, y así poder proponer este material como un nuevo mampuesto en la construcción. En el proceso de fabricación e identificación de la mezcla se basó en la Norma Técnica Colombiana NTC.

Las mezclas que se experimentaron en este proyecto para la realización de concreto ecológico (Tabla 18). El cemento utilizado en el proyecto será el Tipo I: Normal, ya que es el más utilizado para la fabricación de bloques de concreto.

Con el análisis del diseño de mezcla y las dosificaciones de material se comenzó a preparar la mezcla para obtener el bloque de cemento y plástico (Petiblock).

En la figura 15 se aprecia las proporciones de cemento y plástico que se utilizaron para mezclar y así tener las proporciones optimas, para el bloque de cemento y plástico.

Se mezclaron los materiales de la manera más adecuada, para que así no afecte en la fabricación del cemento y no influya en sus características esenciales en este procedimiento se utilizaron palas, palustres y vasijas. (Figuras 16, 17 y 18)

Se llevó a cabo la colocación de la mezcla dentro del molde como se puede observar en la figura 19.

La compactación del bloque (Figura 20) se llevó a cabo con una herramienta que al ser introducida dentro del molde ayuda a la compactación del material. Además de esto posee dos manijas para su fácil transporte y 2 soportes laterales para que se sostenga sin problemas. El molde no posee fondo para agilizar el proceso de desmoldamiento del bloque una vez elaborado.

De acuerdo a las mezclas determinadas, se realizaron dos mampuestos con cada una de estas a escala real para realizarle las pruebas pertinentes en el laboratorio necesarias para determinar la viabilidad del nuevo material ecológico.

Después de que se obtuvo los resultados de los laboratorios realizados, se comprobó el gran potencial de la mezcla de cemento, PET y agua para la realización de mampuestos para ser utilizados en la construcción. Para la obtención de estos resultados se efectuaron varios cálculos con el fin de obtener la resistencia poseída por el bloque, y con ayuda de esto comprobar si las cifras adquiridas se encuentran dentro de los valores óptimos de resistencia para los demás materiales de construcción respecto a las normas vigentes.

## 6. VARIABLES E INDICADORES

Para la elaboración de la mezcla se calculó una relación agua/cemento mediante la ecuación

$$R = \frac{a}{c}$$

Fuente: (ICPA, 2010)

Donde

R: Relación agua / cemento

A: Masa del agua del hormigón fresco

C: Masa del cemento del hormigón

El valor obtenido por la relación agua cemento fue de 0,5 kg/m<sup>3</sup>.

Mediante la tabla 15 y las figuras 7 y 8 se pueden identificar los dos tipos de mezcla que utilizamos para la elaboración de nuestra propuesta de material de construcción (PETIBLOCK), la fabricación e identificación de la mezcla se basó en la Norma Técnica Colombiana NTC.

Tabla 15. Diseño de mezcla

Materiales	Mezcla	
	1	2
PET (Kg)	7,5	5
Cemento (Kg)	6	4
Agua (Lt)	3	2

(Fuente: (Propia, 2014)

Figura 7. Grafica Diseño de mezcla (1)



Fuente: Propia, 2014

Figura 8. Grafica diseño de mezcla (2)



Fuente: Propia, 2014

## 7. RESULTADOS

Los resultados obtenidos a lo largo de la investigación fueron:

1. Las medidas del molde:

**Tabla 16. Dimensiones Molde**

<b>Dimensiones</b>	<b>Medidas</b>
<b>Ancho</b>	20 cm
<b>Largo</b>	40 cm
<b>Alto</b>	40 cm

(Fuente: (Propia, 2014))

**Figura 9. Molde bloque (1)**



(Fuente: (Propia, 2014))

Figura 10. Molde bloque (2)



(Fuente: (Propia, 2014))

2. Se obtuvieron los resultados de granulometría:

Figura 11. Peso del PET para la granulometría



(Fuente: (Propia, 2014))

Figura 12. Tamices



(Fuente: (Propia, 2014))

Figura 13. Tamizado del plástico PET



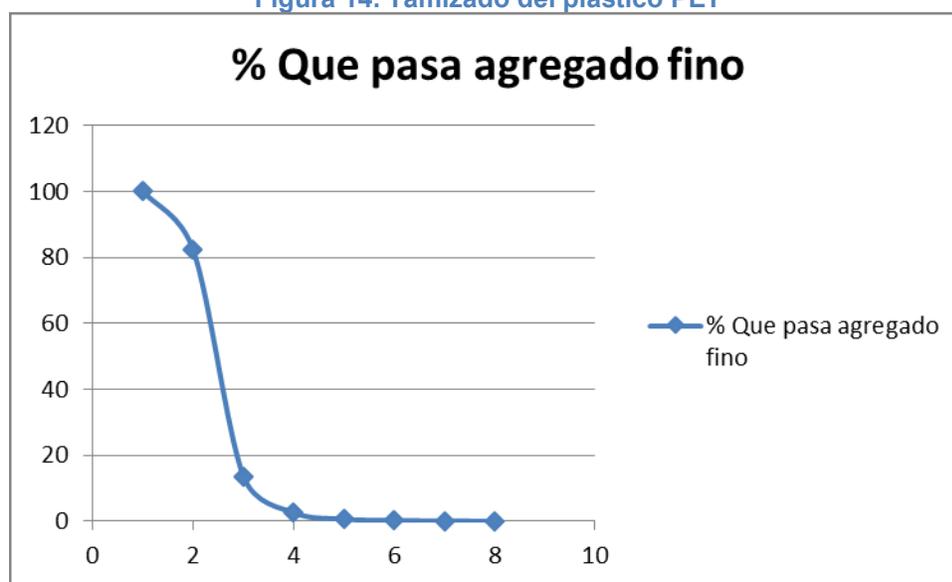
(Fuente: (Propia, 2014))

Tabla 17.Resultados granulometría

Muestra %	100					
Tamiz	Abertura del Tamiz	Max Retenido (g)	Max Retenido Corregido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N°4	4,75	0	0	0	0	100
N°8	2,36	17,7	17,73714286	17,7371429	17,7371429	82,2628571
N°16	1,18	68,66	68,69714286	68,6971429	86,4342857	13,5657143
N°30	6,00E-04	10,93	10,96714286	10,9671429	97,4014286	2,59857143
N°50	3,00E-04	1,94	1,977142857	1,97714286	99,3785714	0,62142857
N°100	1,49E-04	0,38	0,417142857	0,41714286	99,7957143	0,20428571
N°200	7,50E-05	0,12	0,157142857	0,15714286	99,9528571	0,04714286
Fondo	-	0,01	0,047142857	0,04714286	100	4,4964E-15
Total	-	99,74	100	-	-	-

(Fuente: (Propia, 2014))

Figura 14. Tamizado del plástico PET



(Fuente: (Propia, 2014))

$$\% \text{ finos} = \frac{\% \text{ retenido acumulado tamiz } 100 + \% \text{ retenido acumulado tamiz } 200}{100}$$

Fuente: (NTC 77, 2007)

$$\% \text{ finos} = \frac{0,417 + 0,157}{100}$$

$$\% \text{ finos} = 0,000654$$

Se puede observar que el tamiz que retuvo mayor cantidad de material fue el N° 16. Dando como resultado que el plástico PET queda clasificado en material fino, pero no con un alto grado de finura entre el tamiz 100 y tamiz 200.

3. Se elaboró y se obtuvieron los siguientes diseños de mezcla, y se comenzó a realizar la mezcla del material dando los siguientes resultados:

**Tabla 18. Diseño de mezcla**

Materiales	Mezcla	
	1	2
PET (Kg)	7,5	5,0
Cemento (Kg)	6,0	4,0
Agua (Lt)	3	2

(Fuente: (Propia, 2014))

**Figura 15. Proporción de materiales**



(Fuente: (Propia, 2014))

**Figura 16. Mezcla de los materiales (1)**



(Fuente: (Propia, 2014))

**Figura 17. Mezcla de los materiales (2)**



(Fuente: (Propia, 2014))

En la figura 18 se muestra la mezcla de plástico, cemento y agua lista para la respectiva elaboración del bloque, se puede observar que es una pasta homogénea y no es muy húmeda, esto sirve para que la mezcla se pueda compactar más en el bloque y así no se dañe el bloque de concreto al momento de retirarlo del molde.

**Figura 18. Mezcla de los materiales (3)**



(Fuente: (Propia, 2014))

4. Se realizó la colocación y debida compactación de la mezcla para así obtener el Petiblock como resultado:

**Figura 19. Colocación de la mezcla en el molde**



(Fuente: (Propia, 2014))

**Figura 20. Compactación Bloque de concreto y plástico**



(Fuente: (Propia, 2014))

En las siguientes figuras se puede observar ya los bloques elaborados una vez terminados (Figura 21), y en la (Figura 22) una vez secados, y listos para la pruebas de resistencia a los 7 días.

**Figura 21. Bloque de cemento y plástico (Petiblock)**



(Fuente: (Propia, 2014))

Figura 22. Bloque de cemento y plástico (Petiblock)



(Fuente: (Propia, 2014))

En el desarrollo y fabricación del bloque de cemento y plástico (Petiblock) se obtuvo un material con las siguientes características (ver tabla 19):

Tabla 19. Características Bloque

Características	Valor	
	1	2
Dimensiones (Altura x Ancho x Largo) (cm)	15x20x40	15x20x40
Composición	Cemento, Plástico (PET) y Agua	Cemento, Plástico (PET) y Agua
Peso por Unidad (Kg)	15,70	13,5
Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	1308,33	1125

(Fuente: (Propia, 2014))

5. Se realizó el laboratorio de resistencia a la compresión a los 7 días, con respecto a los datos obtenidos en el laboratorio de resistencia de compresión al bloque de concreto y plástico (Petiblock) a los 7 días de elaborado nos dan los siguientes resultados (Tabla 20):

**Tabla 20. Resistencia a la compresión en bloques de concreto**

<b>Resistencia a la compresión del PETIBLOCK</b>				
N° Bloque	Altura (cm)	Ancho (cm)	Largo (cm)	(P) Carga de rotura (KN)
1	15	20	40	253.7
2	15	20	40	229,3

(Fuente: (Propia, 2014))

En la figura 23 podemos apreciar el Petiblock sometido a compresión.

**Figura 23. Bloque de cemento y plástico sometidos a compresión (Petiblock)**



(Fuente: (Propia, 2014))

En la figura 24 se puede observar la falla del bloque al momento de estar sometido a compresión es una falla transversal al bloque.

**Figura 24. Bloque sometido a la compresión**



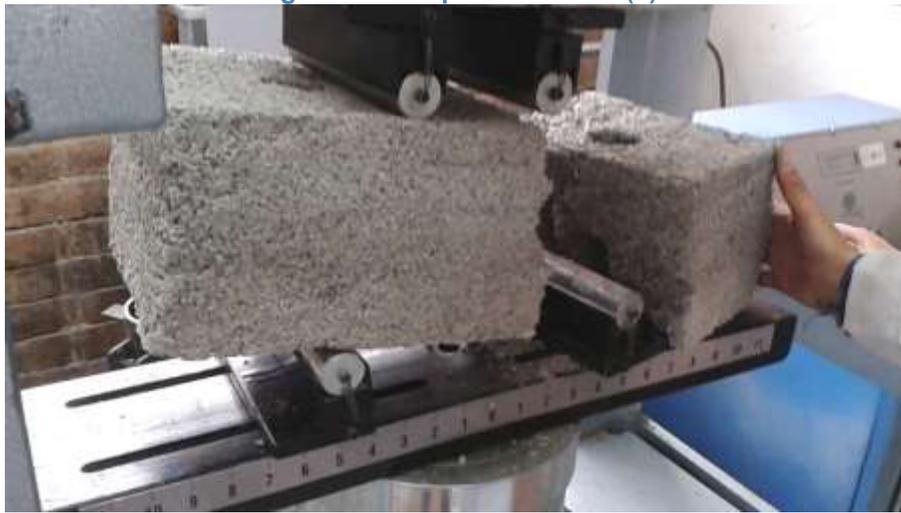
(Fuente: (Propia, 2014))

**Figura 25. Bloque fracturado (1)**



(Fuente: (Propia, 2014))

Figura 26. Bloque fracturado (2)



(Fuente: (Propia, 2014))

Se calculan la compresión mediante las siguientes formulas

$$S = \text{Largo} \times \text{ancho}$$

$$C = \frac{P}{S}$$

Arrojando los siguientes resultados:

Tabla 21. Cálculos resistencia al concreto

S1= 40*20 S1= 800 cm <sup>2</sup> C1= 253,7 KN / 800 cm <sup>2</sup> C1=0,317 KN / cm <sup>2</sup> C2= 3,17 Mpa	S2= 40*20 S2= 800 cm <sup>2</sup> C2= 229,3 KN / 800 cm <sup>2</sup> C2 = 0,286 KN / cm <sup>2</sup> C2= 2,86 Mpa
---	---

(Fuente: (Propia, 2014))

Con respecto a los valores dados en laboratorio y los requerimientos mínimos de Resistencia a la compresión, se saca un promedio de que a los 7 días de elaborado el bloque debe tener una resistencia del 70% comparada con la resistencia a los 28 días el valor individual se encuentra entre 3,5 Mpa. Basándonos en la tabla 22:

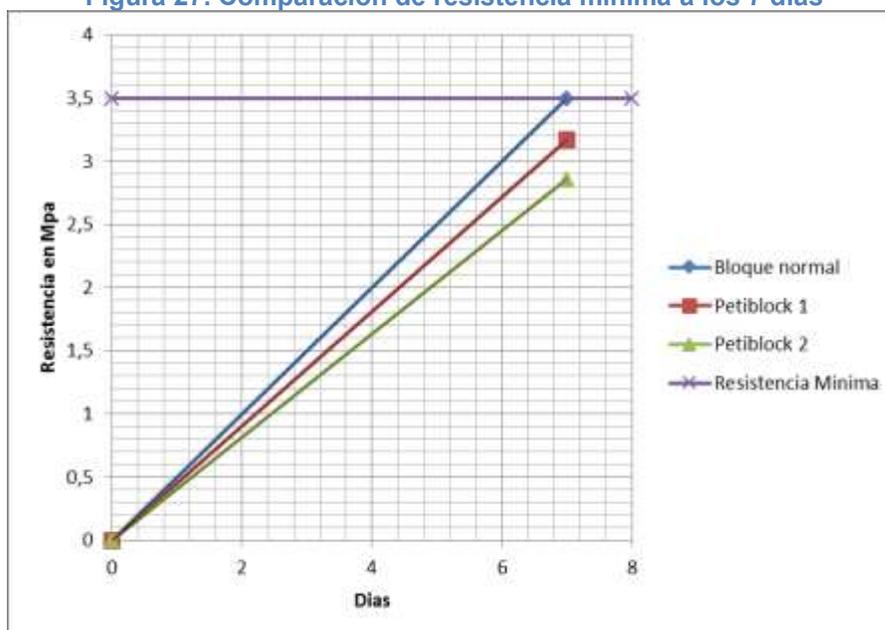
Tabla 22. Resistencia a la compresión en bloques de concreto

Resistencia a la compresión a los 28 días, evaluada sobre el área neta promedio	
Mínimo, Mpa	
Promedio de 3 unidades	Individual
6.0	5.0

(Fuente: (NTC 4076, 1997))

Los valores dados por el Petiblock se encuentran por debajo de los requerimientos mínimos de la norma como se ve en la Figura 24:

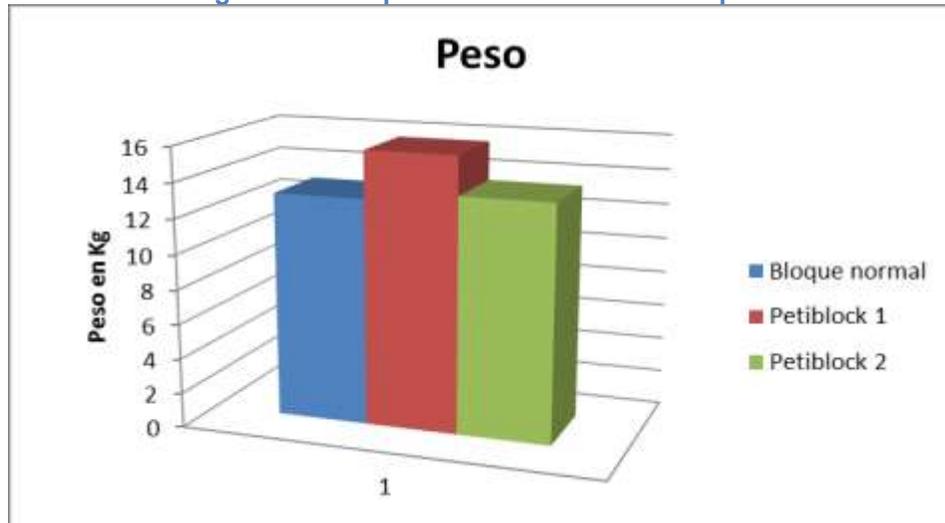
Figura 27. Comparación de resistencia mínima a los 7 días



(Fuente: (Propia, 2014))

La figura 25 muestra los resultados de los pesos promedio del bloque de cemento y plástico (Petiblock), notándose que el bloque 2 pesa menos que el bloque 1 y se asemeja más al peso del bloque normal.

Figura 28. Comparación Pesos de los bloques



(Fuente: (Propia, 2014))

Tabla 23.Ficha técnica Petiblock

PETIBLOCK		Tipo de unidad	
	Bloque de concreto y plástico PET, con unidad hueca y perforada, en el cual el refuerzo de acero se coloque dentro de los agujeros del bloque		
	Dimensiones	Ancho (cm)	20
		Alto (cm)	15
		Largo (cm)	40
	Peso de la unidad	Kg	16
	Diámetro agujeros	Pulgadas	3
Color	Gris		

(Fuente: (Propia, 2014))

## 8. CONCLUSIONES

- Con ayuda del análisis de las propiedades físicas, químicas y mecánicas del cemento y del plástico PET, se determinó que se podían complementar para así llegar a formar una mezcla para la elaboración de un material que contenga una gran manejabilidad, una buena resistencia, una aceptable apariencia y que sea amistoso con el ambiente (ecológico).
- La utilización de plástico PET para la elaboración de bloques en concreto es posible, generando un bloque estable con características y funcionalidades que se asemejan a los bloques elaborados con agregados pétreos, lo que permite su uso, como un material apropiado y de reemplazo de materiales pétreos que por su extracción afectan la corteza terrestre.
- El plástico PET puede utilizarse como agregado en mezclas de concreto, reduciendo la contaminación de residuos plásticos y el deterioro de la corteza terrestre debido a la extracción de materiales de canteras.
- Las mezclas de cemento y plástico PET, pueden emplearse en la construcción de materiales (Bloques de Concreto) en obras civiles, cuyas cargas y durabilidad estén limitadas a cierto rango.
- Para elegir la dosificación del agregado (PET) y el cemento no sólo corresponden a valores de resistencia y durabilidad, sino que también debe tomarse en cuenta el factor económico.
- El uso de la mezcla de plástico PET y cemento para la elaboración de concreto esto hace que pierda un poco de resistencia a diferencia de la mezcla elaborada con agregados y cemento, aunque con esta composición obtenida se puede llegar a utilizar en bloques que no soporten significativas cargas.
- Como se pudo observar la geometría y tamaño irregular de las partículas de plástico PET con el que se ejecutaron las mezclas, intervinieron de forma negativa en el comportamiento del material ya endurecido, esto llevo a un desmoronamiento.
- La densidad que posee el bloque de concreto (Petiblock) escogido con la mezcla obtenida es menor ( $128,13 \text{ kg/m}^3$ ) a la de bloques de concreto con

agregados pétreos, ya que el plástico PET pesa menos que la arena y la piedra, y esto hace que el Petiblock sea más liviano.

- Con ayuda de las pruebas de laboratorio se logró determinar que la resistencia a la compresión del Petiblock no cumple con el valor expuesto en la norma, pero este puede ser empleado para la elaboración de elementos no estructurales, como por ejemplo muros divisorios.
- Una de las razones por las cuales el bloque fallo y no cumplió con los requisitos mínimos de la norma fue por la poca adherencia que tuvo el cemento con el plástico PET. Otra razón para que este fallara fue por su curado el cual se realizó a la intemperie y no cumplió con las características dadas en la Norma Técnica Colombiana.

## 9. RECOMENDACIONES

Se recomienda a las personas que quieran realizar futuras investigaciones relacionadas a la elaboración de bloques en concreto con un material reciclable (plástico PET) mezclándolo con cemento y agua, que realicen diferentes mezclas variando las dosificaciones de materiales, para así con ayuda de ensayos de laboratorio más complejos determinar la viabilidad del material. También se recomienda investigar acerca de un plástico que tenga un peso menor al del PET pero conserve las propiedades que este posee y así poder reducir el peso del bloque.

Se aconseja ejecutar un análisis detallado de costos de elaboración, fabricación y distribución del material para así poder considerar la viabilidad del bloque desde la parte económica, y poder reducir el consumo generado por varios materiales de construcción utilizados en la realización de bloques de concreto.

Se recomienda e invita a proyectar a largo plazo la idea de utilización de esta alternativa con el fin de reducir el impacto ambiental en la extracción de materiales pétreos y la contaminación generada por los residuos plásticos que no afecta solo a Colombia, sino a todo el planeta.

Se sugiere a todas las personas interesadas en el cuidado del ambiente, crear ideas para la obtención de eco materiales elaborados a partir de residuos contaminantes para así poder lograr una disminución al impacto ambiental que estamos generando los seres humanos día a día.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✓ 1997, L. 4. (s.f.). Reglamento Colombiano de Contruccion Sismo Resistente NSR-10. *Titulo D - Mamposteria Estructural*. Colombia.
- ✓ Angelica Maria Herrera y German Guillermo Madrid. (2001). *Manual de construccion de mamposteria de concreto*. Colombia: Instituto Colombiano de productores de cemento.
- ✓ Arcillas de Colombia S.A. (2001). *Arcillas de Colombia*. Recuperado el 15 de 05 de 2013, de Arcillas de Colombia: <http://www.arcillasdecolombia.com/index.php?contenido/1/7/Historia-del-Ladrillo.html>
- ✓ Asogravas. (s.f.). *Asogravas*. Recuperado el 19 de Febrero de 2014, de <http://www.asogravas.org/Inicio/Agregados.aspx>
- ✓ Bianucci. (2009). *Ladrillo*. Chaco: FAU-UNNE.
- ✓ Campos Cisneros, R. (28 de Noviembre de 2009). *Monografias*. Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos55/agregados/agregados.shtml>
- ✓ Carrasco, F. (2009). *UTN Santa Fé*. Obtenido de [http://www.frfsf.utn.edu.ar/matero/visitante/bajar\\_apunte.php?id\\_catedra=170&id\\_apunte=2243](http://www.frfsf.utn.edu.ar/matero/visitante/bajar_apunte.php?id_catedra=170&id_apunte=2243).
- ✓ CEVE. (2005). *Magazine arquitectura y construcción* . Recuperado el 20 de Mayo de 2014, de <http://www.construccion-y-reformas.vilssa.com/articulos/ladrillos-de-plastico-reciclado>
- ✓ El ecologista. (2006). *El ecologista*. Recuperado el 12 de Abril de 2013, de EL PROBLEMA AMBIENTAL DEL PET: [http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=108&Itemid=65](http://www.elecologista.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=108&Itemid=65)
- ✓ FADU. (2006). *scielo*. Recuperado el 27 de Abril de 2014, de [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-40652008000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0798-40652008000100006&script=sci_arttext)
- ✓ Gordillo, T. (2006). *ALUBRY SAN LUIS S.A.* Obtenido de [http://www.alubrysanluis.com.ar/boletines/folleto\\_tecnico.pdf](http://www.alubrysanluis.com.ar/boletines/folleto_tecnico.pdf)

- ✓ HOMCERTER. (2013). *Ladrillos Ardesa*. Bogotá.
- ✓ ICONTEC. (2000). NTC 174. Concretos. Especificaciones de los Agregados para Concretos . En ICONTEC, *Norma Tecnica Colombiana* (pág. 22). Bogota: Norma Tecnica Colombiana.
- ✓ Instituto Colombiano de productores de cemento. (2009). Materiales de ingeniería Civil. En M. Mamlouk, *Materiales de ingeniería Civil*. Madrid: PEARSON Prentice Hall.
- ✓ INVÍAS. (2007). I.N.V. E – 217 – 07 (Densidad Bulk (Peso Unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados compactados o sueltos). En INVÍAS, *Normas de Ensayo para Materiales de Carreteras* (pág. 8). Bogota.
- ✓ Lopez, I. A. (2003). *Construdata*. Recuperado el 5 de Mayo de 2013, de [http://www.construdata.com/BancoConocimiento/R/R-Construdata126\\_mamposteria/r12606.htm](http://www.construdata.com/BancoConocimiento/R/R-Construdata126_mamposteria/r12606.htm)
- ✓ Mamlouk, M. (2009). *Materiales para ingeniería civil*. Madrid, España: Pearson educacion S.A.
- ✓ Mamlouk, M. (2009). Materiales para ingeniería civil. En M. Mamlouk, *Materiales para ingeniería civil*. Madrid, España: PEARSON Prience Hall.
- ✓ Mariano. (12 de Marzo de 2011). *tecnología de los plásticos*. Recuperado el 02 de Mayo de 2013, de Blogger: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/pet.html>
- ✓ MAVDT. (2008). *CONSTRUCCIÓN DE CRITERIOS TÉCNICOS PARA EL APROVECHAMIENTO Y VALORIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS CON ALTA TASA DE BIODEGRADACIÓN, PLASTICOS, VIDRIO, PAPEL Y CARTÓN*. BOGOTÁ: EPAM.
- ✓ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). *Sector Plásticos*. Bogotá: Desarrollo Sectorial Sostenible.
- ✓ NTC 4076. (1997). NTC 4076. En *Unidades (bloques y ladrillos) de concreto para mamposteria no estructural*. ICONTEC.
- ✓ NTC 4383. (1999). *Mamposteria de concreto, terminos y definiciones*. ICONTEC.

- ✓ SANCHEZ, D. (2001). Cemento Portland. En D. Sanchez, *Tecnología del Concreto y del Mortero* (pág. 33). Santa fe de Bogota, D. C. - Colombia: BHANDAR EDITORES LTDA.
- ✓ Terry L. Richardson, E. L. (1999). *Industria del plástico*. Paraninfo.
- ✓ Uncuma. (2005). *Unión de Cooperativas de Consumidores y Usuarios de Madrid, UNCUMA*. Recuperado el 20 de Marzo de 2013, de [http://www.uncuma.coop/guiacompraresponsable/seccion2\\_5.html](http://www.uncuma.coop/guiacompraresponsable/seccion2_5.html)
- ✓ Universidad José Cecilio del Valle. (10 de Mayo de 2013). *Materiales de Construcción Universidad José Cecilio del Valle* . Obtenido de <http://matdeconstruccion.wordpress.com/>
- ✓ Valdés, G., & Rapimán, J. (2007). *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.cl/pdf/infotec/v18n3/art10.pdf>