

## **EVALUACIÓN DE BLOQUES DE CONCRETO CON POLIETILENO TEREFALATO (PET)**

FRANCISCO RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, GUILLERMO ESPINOSA<sup>1</sup>, NÉSTOR GONZALEZ<sup>1</sup>, IVÁN LOPEZ<sup>1</sup>, TRINO BALOA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fundación Centro Nacional de Investigación y Certificación en Vivienda Hábitat y Desarrollo Urbano (CENVIH).

e-mail: frodriguez.cenvih@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad Central de Venezuela. Instituto de Materiales y Modelos Estructurales (IMME).

e-mail: tbaloa@gmail.com

Recibido: mayo 2016

Aprobado para publicación: julio 2016

### **RESUMEN**

Actualmente se consume una gran cantidad de materiales plásticos para beneficio del ser humano, entre estos se encuentra el Polietileno de Tereftalato (PET) que es uno de los materiales plásticos más utilizados actualmente en la industria de alimentos y bebidas. En general este plástico, después de su uso, se desecha, siendo altamente contaminante debido a su lenta degradabilidad. Esto representa un serio problema a la hora de realizar la disposición final de los envases descartados. Por este motivo, es importante encontrar un uso alternativo y adecuado para los desechos plásticos. En consecuencia, el Centro Nacional de Investigación y Certificación en Vivienda, Hábitat y Desarrollo Urbano (CENVIH) desarrolló la investigación denominada “Evaluación de bloques de concreto con Polietileno de Tereftalato (PET)” con el objetivo de evaluar las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto utilizando el PET como agregado, que cumple con las especificaciones de la norma COVENIN 42-82. Se realizó un estudio comparativo entre bloques con una mezcla de concreto tradicional o patrón y bloques con sustitución en volumen del agregado fino (arena) por diferentes porcentajes de PET triturado. Se aprecia una disminución de la resistencia a la compresión de los bloques a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de PET. De lo descrito se concluye la factibilidad técnica de utilizar bloques con hasta 10 % de sustitución de PET, que pueden ser empleados como elementos constructivos no estructurales al cumplir los estándares exigidos por la norma venezolana COVENIN 42-82.

*Palabras clave:* bloques de concreto, agregados, PET, resistencia a la compresión, absorción de agua

## **ASSESSMENT OF CONCRETE MASONRY UNITS WITH POLYETHYLENE TEREPHTHALATE (PET)**

### **ABSTRACT**

There is a large number of plastics materials currently consumed for human benefit, Polyethylene Terephthalate (PET) is one of the most commonly used in the plastic industry. When discarded, this kind of plastic results highly polluting due to its slow degradability (approximately 100 years), representing a serious problem when packages are finally disposed of. For this reason, it is important to find an alternative and appropriate use for plastic waste. To this end, the Centro Nacional de Investigación y Certificación en Vivienda, Hábitat y Desarrollo Urbano (CENVIH) carried out research project with the main goal of assessing the physical and mechanical properties of concrete masonry using PET as an additive, meeting the specifications of the Venezuelan regulation COVENIN 42-82. To accomplish this, both traditional and PET blended blocks (volume substitution of the fine aggregate with different percentages of shredded PET) were tested. The results show that the compressive strength of the masonry unit with PET decreases as the plastic content increases. To conclude, it is technically viable to use concrete masonry with a 10 % substitution of PET as non-structural construction elements, since it meets the specifications of COVENIN 42-82.

*Keywords:* concrete units, aggregates, PET, compressive strength, water absorption

## INTRODUCCIÓN

Los desechos de Polietileno de Tereftalato (PET) son altamente contaminantes debido a su lenta degradabilidad. Por sus características físicas y químicas el desecho de PET lo califican como contaminante para el medio ambiente. Además, el impacto visual que genera la inadecuada disposición de los envases de este tipo de plástico es notable.

Los plásticos ocupan un volumen importante dentro de los desechos sólidos en Venezuela. Para el año 2.012 se recolectaron 26.792.036 kg/día de residuos sólidos, de los cuales solo 611.724 kg/día fueron reciclados, representando un 2,28 % del total de los residuos sólidos recolectados. De estos residuos reciclados 33.639 kg/día eran plásticos, correspondiente al 5,5 % de los residuos reciclados (Generación y manejo de residuos y desechos sólidos en Venezuela, 2.011-2.012, Instituto Nacional de Estadística). Dentro de los plásticos, el PET es uno de los más utilizados y ocupa mayor volumen representando aproximadamente el 3 % del volumen de los residuos sólidos en Venezuela (según estimaciones propias a partir de datos del INE para el año 2012).

La lenta degradabilidad del PET es una ventaja para su uso en envases de bebidas; sin embargo, constituye un serio problema a la hora de realizar la disposición final de los envases descartados. Por este motivo, se considera importante encontrar un uso alternativo para el desecho del plástico, convirtiéndose en un agregado para el desarrollo de bloques, y colaborando con la necesidad de cuidar el medio ambiente.

Esta investigación se centra en comprobar el posible uso del PET como agregado en la elaboración de bloques de concreto, medir el impacto que el uso de este material puede ejercer en la resistencia de los bloques de concreto y determinar si al incorporar el PET en la mezcla existe alguna variación en la absorción de agua de los bloques.

A partir de los resultados de este estudio, se podría llegar a proponer un tipo de bloque de concreto que cumpla con la norma venezolana COVENIN 42-82.

Durante el desarrollo de esta investigación se contactaron tres (3) bloqueras comerciales ubicadas en el Distrito Capital, cada una con diferentes métodos de elaboración de bloques, equipos, materiales y dosificaciones. Esto con la finalidad de obtener un lote de bloques suficientemente representativo para realizar un estudio comparativo en cuanto a resistencia con los elaborados en esta investigación.

De igual manera, conocer si los elementos que las bloqueras comercializan, se encuentran dentro de lo estipulado en la norma.

## DESARROLLO EXPERIMENTAL

Esta investigación se realiza desde el año 2014 en la Fundación Centro Nacional de Investigación y Certificación en Vivienda, Hábitat y Desarrollo Urbano (CENVIH), ente adscrito al Ministerio del Poder Popular para Educación Universitaria, Ciencia y Tecnología.

La Fundación CENVIH se creó con el objeto de realizar actividades de investigación científica y tecnológica, de certificación y normalización para garantizar la calidad e idoneidad de materiales, tipologías, tecnologías y diseños, usos y aplicaciones en vivienda, hábitat y desarrollo urbano.

Los objetivos del CENVIH son revisar la normativa y proponer alternativas jurídicas efectivas en materia de certificación de materiales y tecnologías. Certificar la idoneidad de los desarrollos tecnológicos del sector realizados en nuestro país, así como los provenientes del extranjero. Coordinar y realizar investigación científica, innovación tecnológica en el sector de vivienda, hábitat y desarrollo urbano. Promover la apropiación tecnológica y, con ella, la formación de talento humano. Proponer y realizar actividades tendientes a la protección y rehabilitación del Patrimonio Nacional construido. Realizar el control de calidad de las Obras Civiles. Atenuar la vulnerabilidad ante eventos naturales y tecnológicos y cualquier otra actividad relacionada con la investigación y certificación en vivienda, hábitat y desarrollo urbano.

En este marco, la Fundación CENVIH desarrolla investigaciones en materiales alternativos para la construcción y participa en diversos proyectos y estudios a nivel local, entre ellos la evaluación de bloques de concreto con PET.

Para dar respuesta a la enorme necesidad de viviendas en Venezuela, se requiere de una gran cantidad de materiales para su construcción, entre los que destacan los bloques. Por otra parte, los envases plásticos de Polietileno de Tereftalato (PET) representan aproximadamente el 3 % del volumen de los residuos residenciales.

El impacto ambiental que produce la inadecuada disposición del PET es importante, por lo que su reutilización sería recomendable para el ambiente. Uno de los usos posibles es en la elaboración de bloques de concreto como sustituto de la arena.

Cabe destacar que la norma técnica venezolana COVENIN 42-82 establece que para bloques de concreto tipo B la resistencia mínima requerida sea de 25 kgf/cm<sup>2</sup>, y que simultáneamente el porcentaje de absorción máximo permitido para este tipo de bloque no exceda el 14 %.

En dicha norma no se contempla el uso del PET como agregado en la mezcla. De allí que sea necesario el estudio del comportamiento físico-mecánico de los bloques fabricados con PET molido, a fin de comprobar que cumplan con los parámetros técnicos exigidos en esa norma técnica.

En Argentina, México y Ecuador se han realizado investigaciones utilizando el PET en mezclas cementicia para adoquines peatonales, elementos modulares y bloques, obteniéndose buenos resultados en relación a resistencia y otras propiedades.

Por tanto, el principal objetivo de esta investigación es evaluar las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto utilizando el PET como agregado, con el fin de cumplir con las especificaciones de la norma COVENIN 42-82.

La investigación comprendió el estudio comparativo entre bloques con una mezcla de concreto tradicional o patrón y bloques con sustitución en volumen del agregado fino (arena) por diferentes porcentajes de PET triturado.

## MATERIALES

En la elaboración de los bloques se utilizó cemento, arena lavada y PET reciclado. El cemento utilizado fue Portland tipo 1. Se trata de un producto que se obtiene de la pulverización del Clinker Portland que consiste esencialmente de silicatos de calcio hidráulico con la adición de agua y sulfato de calcio.

La arena lavada empleada en este estudio proviene de la cantera O Rey ubicada en la carretera vieja de Los Teques, sector Antímamo, parroquia Antímamo del municipio Libertador, 2 kilómetros al sur de la cantera del Distrito Capital.

Esta arena se obtiene mediante la trituración de rocas grandes producto de la explotación del macizo rocoso. La extracción del mineral ocurre a cielo abierto. Las características granulométricas de la arena se determinaron con base en la norma Covenin 255. El peso unitario se determinó basado en la norma Covenin 263.

La molienda del PET se llevó a cabo en las instalaciones del CENVIH usando para tal fin una máquina trituradora de plástico, dicha máquina está constituida por un motor monofásico de 10 hp y una zaranda que permite el paso del PET con un tamaño de grano definido entre 600 y 9.500  $\mu\text{m}$ . En la Figura 1 se muestra la máquina trituradora y el PET en forma de hojuelas después del proceso de molienda.



*Figura 1. Máquina trituradora, hojuelas de PET*

## ENSAYOS DE LABORATORIO

Se realizaron cincuenta y ocho (58) ensayos de resistencia mecánica a la compresión, cincuenta y cuatro (54) ensayos de absorción agua y ciclos de calor-humedad a dieciocho (18) bloques.

### Dosificaciones

El bloque seleccionado para este estudio corresponde al bloque codificado como clase B, según la norma venezolana Covenin 42-82, cuyas dimensiones son: 15 cm de ancho, 20 cm de alto y 40 cm de largo. En la primera etapa de la investigación, la arena, el arrocillo y el cemento se mezclaron hasta adquirir un color uniforme.

Posteriormente, se agregó agua con una relación agua/cemento de 0,5 y se mezcló durante aproximadamente 4 minutos, obteniéndose los bloques denominados patrón.

En la primera fase de la investigación se elaboraron cuatro (4) tipos de bloques. El bloque patrón, el cual se fabricó con

una relación en peso de cemento-arena-arrocillo de 1:5:1 y los bloques con una sustitución en volumen de arena por PET de 5 %, 10 % y 15 %.

En la segunda fase, se realizaron tres (3) tipos de bloques de acuerdo a los materiales utilizados por las bloqueras comerciales; es decir, sin arrocillo y con una relación en peso de cemento-arena de 1:6. En esta fase, los bloques que se elaboraron fueron: el bloque patrón y los bloques con una sustitución en volumen de arena por PET del 25 % y 50 %.

En las dos fases se utilizó una relación agua/cemento de 0,5. Sus respectivas dosificaciones se ilustran en las tablas 1 y 2, respectivamente.

**Tabla 1.** Dosificación de los bloques con relación cemento-arena-arrocillo 1:5:1

Material	Patrón	5 % PET	10 % PET	15 % PET
Cemento (kg)	148,8	127,5	124,8	144,0
Arena (kg)	743,8	629,7	623,8	720,2
Arrocillo (kg)	148,8	127,5	124,8	144,0
PET (kg)	0,0	7,8	13,8	23,6
Agua (L)	74,4	63,8	62,4	72,0
Cantidad. de Bloques	79	73	70	80

**Tabla 2.** Dosificación de los bloques con relación cemento-arena 1:6

Material	Patrón	25 % PET	50 % PET
Cemento (kg)	21,3	21,3	21,3
Arena (kg)	127,5	96,9	68,0
PET (kg)	0,0	5,0	11,2
Agua (L)	10,6	10,6	10,6
Cantidad. de Bloques	10	10	11

### Elaboración de bloques de concreto

Los bloques con 5 %, 10 % y 15 % de sustitución de arena por PET, se realizaron combinando en la mezcladora arena, PET, arrocillo y cemento hasta adquirir un color uniforme. Se asumió la misma relación agua/cemento y se mezclaron durante 4 minutos.

En la segunda etapa de la investigación, el cemento y la arena se combinaron con una relación 1:6. Se agregó agua con una relación agua/cemento de 0,5 y el conjunto se mezcló durante 4 minutos. Esto para el caso de los bloques denominados patrón.

En la elaboración de los bloques con 25 % y 50 % de sustitución de arena por PET, se aplicó el mismo procedimiento utilizado para elaborar los bloques con 5 %, 10 % y 15 %, con la diferencia de que en esta etapa no se utilizó arrocillo.

Al concluir el proceso de mezclado, el material fue trasladado mediante una cinta transportadora hasta el molde del equipo electromecánico para fabricar los bloques. El material fue vibrado por espacio de 1,5 minutos. Luego, se procedió a desmoldar cada uno de los bloques confeccionados.

Posterior al proceso de desmolde, los bloques fueron almacenados e hidratados por espacio de siete (7) días. El proceso de curado finalizó manteniendo los bloques a temperatura ambiente hasta los 28 días.

### Ensayos realizados

Los ensayos realizados a los bloques de concreto según la norma COVENIN 42-82 conducen a determinar la calidad de los bloques destinados a construcciones, por medio de la verificación de su resistencia mecánica a la compresión y absorción agua.

En la Figura 2 se observa el proceso llevado a cabo en los ensayos de resistencia a la compresión sobre los bloques.

Se realizaron con una prensa marca Baldwin, con una capacidad de carga máxima de 200 t, fijándose la escala media (Carga Máxima de 50.000 kgf) y una velocidad de carga de 4.500 kgf/min, de acuerdo a la norma venezolana COVENIN 42-82.



**Figura 2.** Bloque sometido a ensayo de compresión

En la Figura 3 se observa el ensayo de absorción de agua. Este proceso se realizó de acuerdo a la norma Venezolana COVENIN 42-82.

Para este ensayo se utilizaron una piscina de curado con una capacidad de 500 litros, una balanza con precisión de 0,001gr y un horno eléctrico.



**Figura 3.** Bloques sometidos a ensayos de absorción de agua

Se realizaron ciclos de calor-humedad con el propósito de obtener información respecto al comportamiento que exhibirían los bloques de concreto al ser expuestos a la intemperie bajo condiciones controladas y durante un período corto de tiempo.

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la Tabla 3 se observan los resultados de las resistencias a la compresión de los bloques patrón con relación en peso cemento-arena-arrocillo de 1:5:1 y los bloques con 5 %, 10 % y 15 % de sustitución de PET por arena. Estos resultados fueron obtenidos luego de 28 días de haber realizado los bloques.

Los valores de resistencia a la compresión en las dos etapas de la investigación, disminuyen a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de PET en la mezcla.

**Tabla 3.** Resultados de las resistencias a la compresión con relación cemento-arena-arrocillo 1:5:1

Muestra	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
Patrón	34,0
5 % PET	35,2
10 % PET	33,1
15 % PET	28,2

En la Tabla 4 se presentan los resultados de las resistencias a la compresión de los bloques patrón con relación en peso cemento-arena de 1:6 y los bloques con 25 % y 50 % de sustitución de PET por arena.

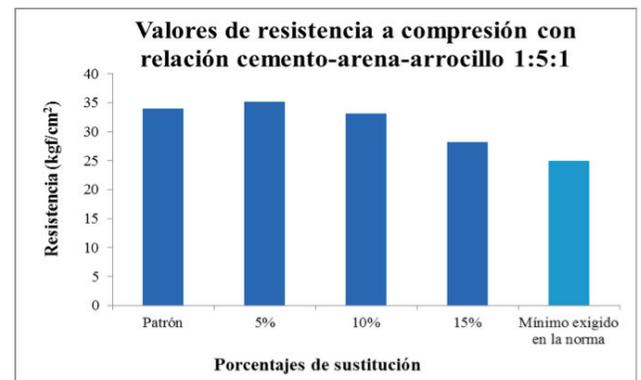
**Tabla 4.** Resultados de las resistencias a la compresión con relación cemento-arena 1:6

Muestra	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
Patrón	40,4
25 % PET	30,4
50 % PET	16,3

La Figura 4 ilustra la variación de la resistencia a la compresión en función del porcentaje de sustitución de PET para los bloques con relación 1:5:1.

Como se puede observar, existe un ligero incremento en la resistencia del 3,3 % al sustituir 5 % de PET por arena, con relación a la muestra patrón.

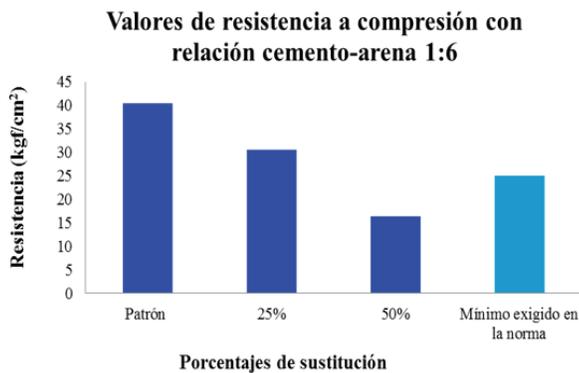
Asimismo, al sustituir 10 % de PET por arena, se observa una disminución del 2,6 % en la resistencia en relación a la muestra patrón, y al aumentar a un 15 % de sustitución de arena por PET la resistencia disminuye en un 17,1 %.



**Figura 4.** Comportamiento de la resistencia a la compresión en función del porcentaje de sustitución de PET por arena con relación 1:5:1

La Figura 5 muestra el comportamiento de la resistencia en función del porcentaje de sustitución de PET para los bloques con relación 1:6. Específicamente para un 25 % de sustitución de PET por arena, la resistencia disminuye un 24,7 % con relación a la muestra patrón. En el caso de un 50 % de sustitución, la resistencia disminuye en un 59,6 % con relación a la muestra patrón.

Este último resultado es 34,7 % menor al mínimo exigido en la norma, en la que se especifica que la resistencia debe ser de un mínimo de 25 kgf/cm<sup>2</sup>. (Norma COVENIN 42, 1982).

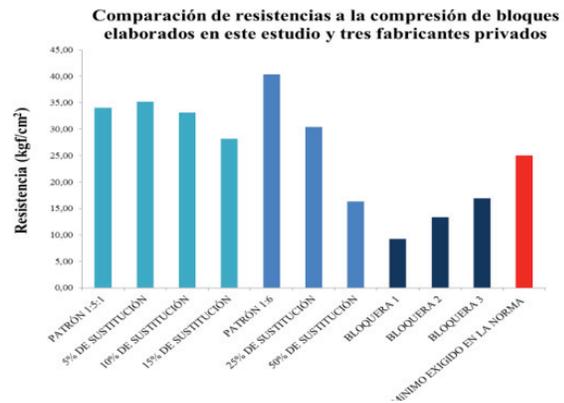


**Gráfico 2.** Comportamiento de la resistencia a la compresión en función del porcentaje de sustitución de PET por arena con relación 1:6

De los resultados obtenidos en las dos etapas de esta investigación, se desprende que los valores de resistencias disminuyen a medida que aumenta el porcentaje de PET en la mezcla. Sin embargo, con una sustitución de 10 %, la resistencia a la compresión disminuyó en un 2,6 % con relación a la mezcla patrón. Esta variación es poco significativa y ofrece una posibilidad para su empleo en la elaboración de elementos constructivos no estructurales dado que cumplen los estándares exigidos en la norma Covenin 42-82.

No obstante, para valores entre 15 % y 25 % de sustitución, la variación de resistencia es considerable e implica que se deben realizar más estudios en estos casos, como por ejemplo variar la morfología y tamaño de las partículas de PET agregadas para poder recomendar su uso.

En la Figura 6 se presentan los resultados de la comparación entre los bloques con agregado de PET y los comercializados en las bloqueras, en los que se refleja que los especímenes elaborados en las diferentes bloqueras exhibieron valores de resistencia inferiores a un 32 % con relación al mínimo exigido en la norma Covenin 42-82.



**Figura 6.** Gráfico comparativo de resistencias a la compresión entre bloques elaborados en este proyecto, y tres fabricantes privados

Para determinar el porcentaje de absorción de agua se realizaron ensayos a los bloques construidos con las relaciones en peso 1:5:1 y 1:6.

Estas pruebas reflejan que la absorción de agua aumenta directamente con el porcentaje de sustitución de arena por PET. Los resultados se indican en las Tablas 5 y 6 respectivamente.

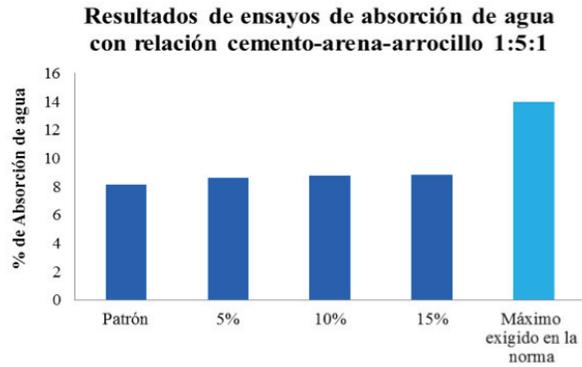
**Tabla 5.** Resultados de los ensayos de absorción de agua con relación cemento-arena-arrocillo 1:5:1

Muestra	% de Absorción de agua
Patrón	8,12
5 % PET	8,63
10 % PET	8,79
15 % PET	8,82

**Tabla 6.** Resultados de los ensayos de absorción de agua con relación cemento-arena 1:6

Muestra	% de Absorción de agua
Patrón	9,43
25 % PET	9,74
50 % PET	12,04

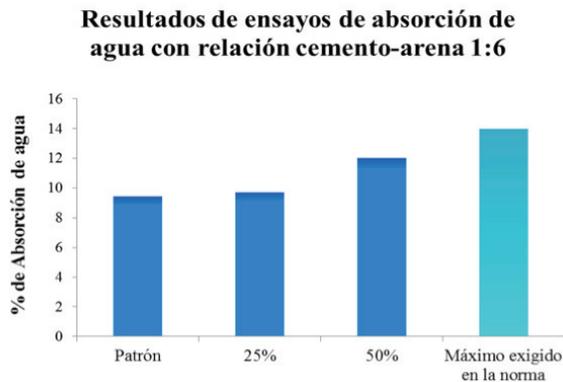
La Figura 7 indica la tendencia que presenta el porcentaje de absorción de agua al aumentar el porcentaje de sustitución de arena por PET, para los bloques con una relación en peso de cemento-arena-arrocillo de 1:5:1, observándose un ligero incremento en el porcentaje de absorción a medida que aumenta la cantidad de PET en la mezcla.



**Figura 7.** Comportamiento de la absorción de agua en función del porcentaje de sustitución de arena por PET con relación 1:5:1

La Figura 8 exhibe el comportamiento del porcentaje de absorción de agua al variar el porcentaje de sustitución en los bloques con relación cemento-arena 1:6.

En este caso, el aumento en la absorción es más significativo si se compara con la dosificación anterior, Este comportamiento es ocasionado por el incremento en la porosidad del bloque, causando una mayor acumulación de agua en el interior de los poros o intersticios del mismo, provocando el aumento en el porcentaje de absorción de agua.



**Figura 8.** Comportamiento de la absorción de agua en función del porcentaje de sustitución de arena por PET con relación 1:6

Como puede observarse en ambos gráficos, a mayor cantidad de PET incorporado, mayor es la absorción de agua. Sin embargo, los resultados obtenidos en los ensayos de absorción de agua se encuentran en niveles menores que el máximo exigido por la norma, tanto en los bloques con relación en peso de cemento-arena-arrocillo de 1:5:1, como en los de relación cemento-arena 1:6.

Los valores de resistencia a compresión y absorción de agua mantienen un comportamiento similar en comparación a estudios realizados por otros autores citados en este artículo, disminuyendo la resistencia a compresión a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de PET en la mezcla, y aumentando el porcentaje de absorción de agua al incrementar la cantidad de PET en el sistema.

En las Tablas 7 y 8 se reflejan los resultados del tercer ensayo en relación a los valores de resistencia a la compresión de los bloques con las dosificaciones 1:5:1 y 1:6 después de ser sometidos al ciclo de calor-humedad.

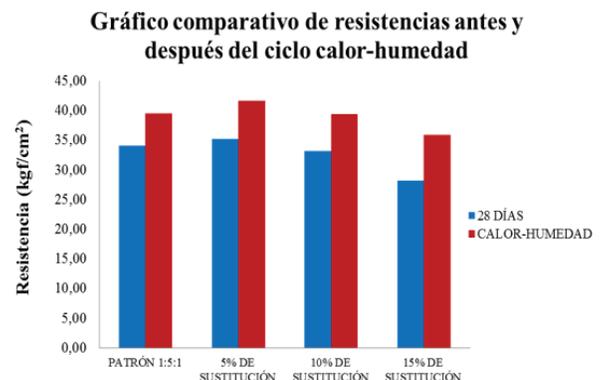
**Tabla 7.** Resultados de los ensayos a compresión después del ciclo calor-humedad, con relación cemento-arena-arrocillo 1:5:1

Muestra	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
Patrón	39,4
5 % PET	41,6
10 % PET	39,3
15 % PET	35,8

**Tabla 8.** Resultados de los ensayos a compresión después del ciclo calor-humedad, con relación cemento-arena 1:6

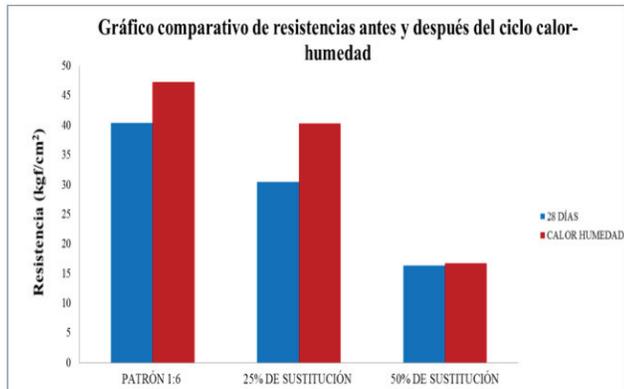
Muestra	Resistencia (kgf/cm <sup>2</sup> )
Patrón	47,2
25 % PET	40,3
50 % PET	16,7

La Figura 9 representa una comparación de resistencias entre los bloques con dosificación 1:5:1 antes y después de ser sometidos al ciclo calor-humedad.



**Figura 9.** Gráfico comparativo de resistencia a la compresión antes y después del ciclo calor-humedad con dosificación 1:5:1

La Figura 10 muestra una comparación en relación a la resistencia a la compresión entre los bloques con una dosificación 1:6 antes y después de ser sometidos al ciclo calor-humedad.



**Figura 10.** Gráfico comparativo de resistencia a la compresión antes y después del ciclo calor-humedad con dosificación 1:6

En ambos gráficos se aprecia el aumento de la resistencia a la compresión, en la dosificación 1:5:1. La muestra patrón presenta un incremento de la resistencia en 13,7 %. Para un 5 % de sustitución, la resistencia aumentó en un 15,4 %; con un 10 % de sustitución, el incremento fue de 15,7 % y para un 15 % de sustitución, la resistencia aumentó en un 21,2 %. En cuanto a la dosificación 1:6, la muestra patrón aumentó su resistencia en un 14,5 %; con un 25 % de sustitución, el incremento fue de 24,5 % y finalmente cuando el porcentaje de sustitución es de 50 %, el incremento en la resistencia fue de 2,1 %.

## CONCLUSIONES

Las pruebas de laboratorio realizadas hasta el momento a los bloques de concreto demuestran la factibilidad técnica de usar bloques de concreto con PET como agregado hasta 10 % de sustitución, ya que su empleo para la elaboración de elementos constructivos no estructurales cumplen los estándares exigidos en la norma Covenin 42-82 llamada Bloques huecos de concreto.

En ambas relaciones, cemento-arena-arrocillo 1:5:1 y cemento-arena 1:6, la resistencia a la compresión disminuye a medida en que aumenta el porcentaje de sustitución de PET. Esto se origina por el incremento de plástico en la mezcla, generando un aumento en la porosidad del bloque y, en consecuencia, existe una mayor disposición a que se manifiesten grietas.

Al realizar el estudio comparativo de los bloques elaborados en esta investigación con los bloques producidos en tres bloqueras comerciales distintas, todas las dosificaciones ofrecieron una mayor resistencia a la compresión que las obtenidas por los elementos que se elaboran en las tres bloqueras comerciales.

El porcentaje de absorción de agua para ambas dosificaciones aumentó en la medida en que se elevó el porcentaje de sustitución de PET por arena. No obstante, todas las dosificaciones utilizadas en esta investigación están por debajo del 14 % de absorción de agua, valor establecido como máximo permitido en la norma Covenin 42-82.

Después de ser sometidos al ciclo calor-humedad, los bloques con dosificación 1:5:1 y 1:6 exhibieron un incremento en la resistencia a la compresión que se origina por la temperatura a la que se somete el bloque durante dicho ciclo, logrando acelerar el envejecimiento del bloque y por ende un aumento en su resistencia a la compresión.

Luego del ciclo calor-humedad, no se apreciaron cambios físicos aparentes en la estructura de los bloques evaluados, manteniendo su color, su volumen y sin presencia de desprendimientos de la superficie del bloque.

Los resultados de esta investigación ofrecen una alternativa para reutilizar los envases de PET que se desechan y causan grandes problemas ambientales, además del ahorro en el consumo de arena que representa su sustitución por PET, lo cual implica una disminución en la explotación de las canteras.

## REFERENCIAS

- AGUILAR LASSERRE, A. (2011). Formulación de mezcla para la elaboración de bloques utilizando material reciclable PET (tereftalato de polietileno) evaluando su resistencia bajo la norma nmx-c-404-onncce-2005. Xoyotitla: Instituto Tecnológico Superior de Alamo Temapache. Consultado en <http://es.scribd.com/doc/171202018/Formulacion-Mezcla-Elaboracion-Bloques-Utilizando-Material-Reciclable-Pet>.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (1970). Standard Specification for Hollow Load-Bearing Concrete Masonry Units. En ASTM C-90. Washington, D.C.: Office of the Federal Register. Consultado en <https://archive.org/details/gov.law.astm.c90.1970>

- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. (2000). Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials. En ASTM E 119-00a. Washington, D.C.: Office of the Federal Register.
- AYALA, A. Y SERRALDE, M. (2009). Centro móvil triturador de PET. México D.F: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. Consultado en <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/5040/im158.pdf?sequence=1>
- COMISIÓN GUATEMALTECA DE NORMAS. (2008). Determinación de la resistencia a la compresión de bloques huecos de concreto. En norma COGUANOR NTG 41055 h1. Guatemala: Ministerio de Economía. Consultada en <http://www.agies.org/en/library/guatemalan-technical-standards/concrete-products-spanish-only>
- COMISIÓN NACIONAL DE NORMALIZACIÓN TÉCNICA Y CALIDAD. (2009). Fabricación de Bloques de Concreto. En NTON 12-008-09. Managua: Ministerio de Fomento, Industria y Comercio. Consultado en [http://www.mti.gob.ni/index.php/documentos/doc\\_download/85-norma-tecnica-obligatoria-nicaraguense-fabricacion-de-bloques-de-concreto](http://www.mti.gob.ni/index.php/documentos/doc_download/85-norma-tecnica-obligatoria-nicaraguense-fabricacion-de-bloques-de-concreto)
- COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. (1978). Método de Ensayo para Determinar el Peso Unitario del Agregado. En Norma venezolana COVENIN 263-78. Caracas: Fondonorma. CDU: 691.322.
- COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. (1982). Bloques Huecos de Concreto. En Norma venezolana COVENIN 42-82. Caracas: Fondonorma. Consultado en <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/42-82.pdf>
- COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. (1993). Cemento Portland. Especificaciones. En Norma venezolana COVENIN 28-93. Caracas: Fondonorma. Consultado en <http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/28-93.pdf>
- COMISIÓN VENEZOLANA DE NORMAS INDUSTRIALES. (1998). Agregados. Determinación de la Composición Granulométrica. En Norma venezolana COVENIN 255-98. Caracas: Fondonorma. ISBN: 980-06-2066-4
- BERRETTA, H., GATANI, M. Y GAGGINO, R. (2008). Ladrillos de plástico reciclado, una propuesta ecológica para la vivienda social. (2da edición). Buenos Aires: Nobuko.
- GAGGINO, R. Y ARGUELLO, R. (2009). Aplicación de material plástico reciclado en bloques de techo a base de cemento y comparación con otros elementos constructivos similares. En Actas del Encuentro Latino-Americano Sobre Edificaciones y Comunidades Sustentables. Consultado en [http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2009/2009\\_artigo\\_024.pdf](http://www.elecs2013.ufpr.br/wp-content/uploads/anais/2009/2009_artigo_024.pdf)
- HERRERA, J. Y ESTRADA, A. (2012). Despolimerización de botellas de (tereftalato de etileno) (PET) post-consumo mediante glicólisis. En Revista Iberoamericana de Polímeros, volumen 13 (3), 117-129.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. (año o s/f). Tema consultado. Consultado en <http://www.ine.gov.ve>
- MAGARIÑOS, O., ALDERETE, C., ARIAS, L. Y LUCCA, M. (1998). Estudio de morteros que contienen escamas de plástico procedente de residuos post-industriales. En Materiales de construcción, volumen 48 (250), 33-52. Consultado en <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/view/477/525>
- RONDON S., ABRAHAM J. (2009). Factibilidad de utilización de un aditivo en los diseños de mezcla de suelo-cemento para la fabricación de bloques.
- ALESMAR L. (2005). Diseño de mezcla de PET-cemento.
- RODRÍGUEZ L., PIETRI S. (2002). Diseños de mezcla para uso en la elaboración de bloques aligerados de suelo-cemento.

