

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Elaboración de bloques de concreto usando plástico como nuevo material en su composición: Una revisión

Por:

Chardin Hoyos Cordova
Manuel Niño Lopez Portocarrero

Asesor:

Ing. Jackson Edgardo Pérez Carpio

Lima, julio de 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORIA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

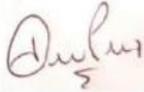
Ing Jackson Edgardo Perez Carpio, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: ***“Elaboración de bloques de concreto usando plástico como nuevo material en su composición: Una revisión”*** constituye la memoria que **presenta Chardin Hoyos Cordova y Manuel Niño Lopez Portocarrero** para aspirar al Grado de Bachiller en Ingeniería Ambiental, cuyo trabajo de investigación ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Lima, a los 20 días de Agosto del año 2020.



Ing. Jackson Edgardo Perez Carpio

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a30..... día(s) del mes de.....julio.....del año ..2020.. siendo las...08:30...horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):
PhD. Leonor Segunda Bustinza Cabala.....,el(la) secretario(a):
 Mg. Joel Hugo Fernandez Rojas..... y los demás miembros:
Ing. Nancy Curasi Rafael, Mg. Ronald Hugo Rosales Meza.....
y el(la) asesor(a)Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio.....
 con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Elaboración de bloques de concreto usando plástico como nuevo material en su composición: Una revisión.....

.....de los (las) egresados (as): a) Chardín Hoyos Cordova.....
b) Manuel Niño López Portocarrero.....
conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en
Ingeniería Ambiental.....
 (Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando.....a los..... candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por.....los.... candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): Chardín Hoyos Cordova.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	Muy Bueno	Sobresaliente

Candidato/a (b): Manuel Niño López Portocarrero.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	17	B+	Muy Bueno	Sobresaliente

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó.....a los.....candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente/a

Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Candidato/a (a)

Candidato/a (b)

Elaboración de bloques de concreto usando plástico como nuevo material en su composición: Una revisión

ELABORATION OF CONCRETE BLOCKS USING PLASTIC AS A NEW MATERIAL IN ITS COMPOSITION: A REVIEW

Chardin Hoyos Cordova^{a1}, Manuel Niño López Portocarrero^a

Universidad Peruana Unión (UPeU) Ingeniería Ambiental Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Carretera Central Km.19.5 Ñaña-Chosica

Resumen

El sector construcción y la enorme generación de residuos plásticos en el mundo, vienen causando significativos perjuicios ambientales a nuestro planeta, por esta razón, surge la necesidad de estudiar nuevas alternativas que ayuden a mitigar los impactos negativos al ambiente. Con la intención de brindar información clara y precisa sobre estudios referidos al tema, el presente artículo de revisión tiene como objetivo compilar artículos científicos que usan plástico como nuevo material en la elaboración de bloques de concreto. Como metodología de búsqueda se utilizó la inserción de palabras claves en diferentes bases de datos y portales académicos, se encontraron 16 artículos científicos en 10 países diferentes respecto al tema de investigación, posteriormente se realizó el análisis bibliométrico. Los resultados muestran que existe una tendencia por el uso de PET, en todas las investigaciones se evaluaron las propiedades mecánicas del bloque y al compararlo con los valores establecidos por las normas técnicas de su país, siempre resultaron estar aptos para ser utilizado en diferentes tipos de mampostería. Se concluye que el uso de diferentes residuos plásticos es una alternativa ecológica para la fabricación de bloques de concreto.

Palabras Claves: plástico, plástico reciclado, reciclaje, bloques de concreto ecológico

Abstract

The construction sector and the enormous generation of plastic waste in the world have been causing significant environmental damage to our planet, for this reason, the need arises to study new alternatives that help mitigate negative impacts on the environment. With the intention of providing clear and precise information on studies related to the subject, this review article aims to compile scientific articles that use plastic as a new material in the production of concrete blocks. As a search methodology, the insertion of keywords in different databases and academic portals was used, 16 scientific articles were found in 10 different countries regarding the research topic, and then the bibliometric analysis was performed. The results show that there is a trend for the use of PET, in all the investigations, the mechanical properties of the block were evaluated and when compared with the values established by the technical standards of their country, they always turned out to be suitable for use in different types of masonry. It is concluded that the use of different plastic waste is an ecological alternative for the manufacture of concrete blocks.

Keywords: plastic, recycled plastic, recycling, ecological concrete blocks

1. Introducción

En la actualidad el sector construcción viene contaminando enormemente, uno de los materiales más usados en este sector es el concreto, esto debido a su resistencia, durabilidad y características físicas, no obstante, la gran cantidad de dióxido de carbono (CO₂) emitido y la energía consumida para su elaboración hace que también traiga consigo grandes perjuicios ambientales (Infante & Valderrama, 2019). Por otro lado, (Martínez & Cote, 2014) refieren que el uso de plástico es uno de los grandes contaminantes, siendo la descomposición no menor a cien años el mayor problema que provoca un alto grado de contaminación, sin embargo, darles un segundo uso a estos residuos sólidos podría reducir significativamente los daños que ocasionan al ambiente. Según (ONU Medio Ambiente, 2018) menciona que en el año 2015 la producción mundial de plástico llegó a los 400 millones de toneladas y si se mantiene este ritmo en el año 2050 esta industria podría ser responsable del 20% del consumo total de petróleo a nivel mundial.

Es por ello, conscientes de la problemática ambiental que acarrea la elaboración de bloques de concreto y la generación de plástico en el mundo, científicos han alentado el desarrollo de investigaciones orientadas a la búsqueda de productos eficientes y menos dañinos para el medio

ambiente, donde se ofrezca la posibilidad de usar materiales alternativos cuya principal preocupación es el equilibrio entre los aspectos ambientales, tecnológicos y económicos (Bezerra da Silva et al., 2010). Por ejemplo, en Brasil se estudió la dosificación y producción de bloques de concreto con incorporación de PET micronizado (Bezerra da Silva et al., 2010), en Colombia se investigó el diseño de un bloque de concreto con la adición de PET en su composición (Barragan, et al., 2017), en México se hizo un estudio de factibilidad agregando de residuos plásticos ABS para elaborar bloques de concreto (García De Los Santos et al., 2013), en Venezuela se estudió como la adición de residuos plásticos influye en la fabricación de bloques de concreto (Garcia et al., 2017), en Perú se experimentó la elaboración de ladrillos añadiendo material reciclable como el plástico en su composición (Serrano Guzmán et al., 2017).

De acuerdo a distintas investigaciones sobre las características mecánicas y físicas realizadas a materiales de construcción con adición de plástico en su composición, se descubrió que añadir estos residuos proporciona mejoras significativas en algunas propiedades importantes; por ejemplo: Los bloques de concreto que se fabrican añadiendo plástico a su composición resultaron ser más livianos por el bajo peso específico de este residuo, además, por ser el plástico un mal conductor de calor le da a este nuevo material la característica de ser un excelente aislante térmico, si bien es cierto tiene menor resistencia a comparación de los bloques de concreto tradicionales, sin embargo, son suficientes para ser utilizados en diversos trabajos de mampostería, también presentan alta resistencia acústica a comparación de los bloques y ladrillos comunes y son resistentes al fuego (Garcia et al., 2017).

Por lo antes expuesto y con la intención de agrupar la información dispersa sobre el tema en el mundo, se tiene como objetivo principal compilar artículos científicos que usan plástico como nuevo material en la elaboración de bloques de concreto, se realizó el análisis bibliométrico de los estudios científicos, el cual permitirá brindar información clara y precisa sobre los estudios y resultados obtenidos en las diversas investigaciones analizadas.

2. Bloques de concreto

(Serrano Guzmán et al., 2017) definen a los bloques de concreto como una mezcla de diversos componentes elaborados con la dosificación adecuada de agua, agregado fino y grueso, cemento y algunas veces aditivos. Para una mezcla normal la cantidad de cemento, arena y agregado se mide por la relación de peso o por la relación de volumen, por ejemplo, una mezcla de 1: 2: 4 significa 1 parte de cemento, 2 partes de agregado fino y 4 partes de agregado grueso, otras proporciones de mezcla de concreto utilizada para producir la resistencia requerida de este material es 1: 3: 6, 1: 1.5: 3 y 1: 4: 8. La cantidad de agua que se usa para elaborar el concreto se basa en la relación agua / cemento, por ejemplo 0.5 o 0.6, esta es una relación entre el peso del agua y el peso del cemento utilizado en la mezcla de concreto. La reacción química entre el cemento y el agua hace que el hormigón endurezca, cuando el concreto está húmedo, tomará la forma según el molde 9. El tamaño de los bloques de concretos comerciales generalmente son de 10x20x40 cm, 15x20x40 cm y 20x20x40 cm, estas dimensiones pueden variar de acuerdo a los clientes y fabricante.

3. Disponibilidad de residuos plásticos

El plástico forma parte de nuestra vida cotidiana gracias a que es un material resistente, higiénico y ligero, lo cual permite que tenga una amplia gama de usos, Existen 18 tipos de plásticos divididos en dos categorías, los termoplásticos y los termoestables, de los cuales el PET, polietileno y el PVC son los plásticos con mayor presencia en los residuos sólidos, esto debido a que son componentes esenciales en materiales de uso diario, además, aproximadamente el 50 % de los residuos plásticos producidos son destinados para ser utilizados una sola vez, entre el 20% y 25% son empleados en la construcción y la diferencia para fabricar otros productos (Garcia et al., 2017).

(Muyen et al., 2016) mencionan que las tasas globales de generación de residuos sólidos van aumentando cada vez más rápido advirtiendo que este crecimiento alcanzará su punto máximo este

siglo y no comenzará a disminuir sin cambios transformacionales en cómo usar y reutilizar materiales. Se estima que la generación per cápita global de residuos sólidos aumentaría de más de 3.5 millones de toneladas por día en el año 2010 a 6 millones de toneladas por día en el año 2025, de esta estadística se tiene que en el año 2018 se generaron 9 millones de toneladas de residuos plásticos en el mundo, siendo reciclados solo el 9%, terminando el resto en rellenos sanitarios, basureros o el medio ambiente (ONU Medio Ambiente, 2018).

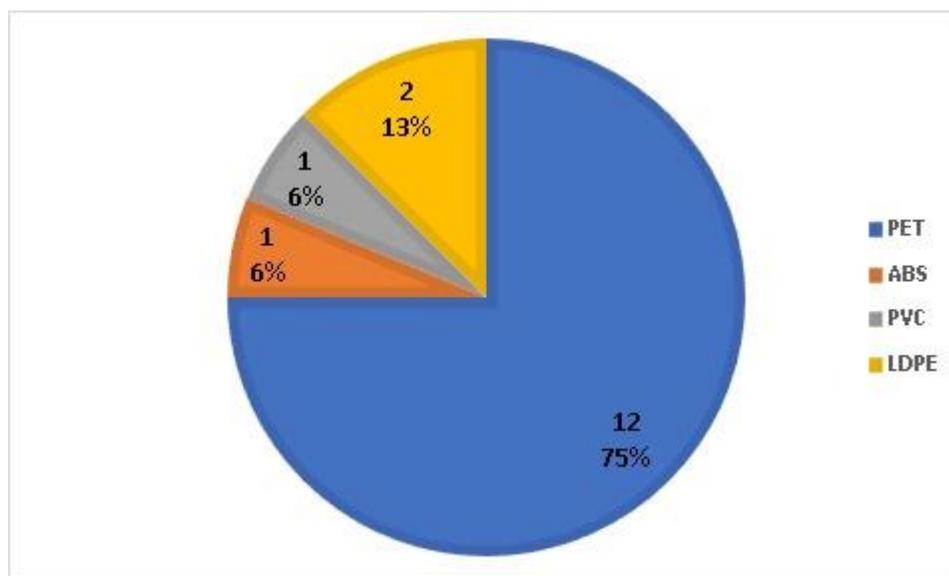
Según (MINAM, 2018) en Perú al año se generan en promedio 30 kg de plástico por habitante, llegando a alcanzar aproximadamente 957000 toneladas de plástico al año, la misma entidad refiere que la generación de residuos plásticos solo en Callao y Lima metropolitana llegan a 886 toneladas al día, representando a nivel nacional el 46% de dichos residuos.

4. Bloques de concreto adicionados con plástico en el mundo

Se han realizado diversos proyectos con el fin de dar un uso alternativo al plástico y al mismo tiempo mitigar los impactos que pueda ocasionar su enorme producción frente a su mala disposición. Dichos estudios han sido experimentados en varios países del mundo. Se consideró una estrategia de búsqueda para la selección de información, que consistió en el empleo de palabras claves como plástico, plástico reciclado, reciclaje y bloques de concreto ecológico, estas palabras se introdujeron en los principales portales de búsqueda como google académico y en base de datos con revistas indexadas. Los resultados de la búsqueda se muestran en el siguiente gráfico:

Ilustración 1

Distribución de artículos científicos encontrados



La gráfica nos muestra que al realizar la búsqueda se encontraron un total de 16 artículos científicos y 4 diferentes tipos de plástico, los cuales se distribuyen de la siguiente manera: 12 artículos emplearon PET, 2 LDPE, 1 PVC y 1 ABS. Al igual que (García & Vigo, 2019) (García &

Vigo, 2019) quienes al investigar el uso de plástico en la elaboración de ecoladrillos, los resultados nos muestran que existe una mayor tendencia a utilizar PET en los experimentos.

A continuación, se hace un compendio con los 16 artículos científicos experimentados en los últimos 10 años, que utilizaron residuos plásticos como nuevo material en la fabricación de bloques de concreto.

En la ciudad de Salta del país de Argentina (Díaz & Hernández, 2018) experimentaron la adición de perlita sin expandirse y plástico reciclado como reemplazo parcial del cemento y agregado fino, los tipos de plástico utilizados fueron el polietileno de alta densidad (HDPE) y polietileno de baja densidad (LDPE), las probetas que se analizaron consistieron en 4 diferentes mezclas, con 37% de agregado plástico, 19% de agregado plástico, 31% de agregado fino y 50% de agregado grueso con 19% de agregado plástico, por último 19% de agregado plástico más el 19% de reemplazo de finos de perlita por cemento, de estos, a la edad de 28 días de curado el reemplazo de agregados de piedra y arena por el 19% de polímero reciclado resultó ser el doble de resistente a la compresión axial exigida por la norma de dicho país, mientras que la adición del polímero a un 37% reduce al 50% la resistencia, también se mostró que la densidad de la mezcla disminuye en un 19% y 9% cuando la adición del plástico es al 37% y 19% respectivamente.

En Argentina (Gaggino, et al., 2015) emprendieron la elaboración de bloques de concreto con plástico reciclado involucrando actores privados y públicos, para esto, una municipalidad local se encargó de proveer con PET reciclado, empresas y fundaciones brindaron los recursos económicos y logísticos y el centro experimental de vivienda económica (CEVE) fue responsable de la implementación de la planta para la fabricación y experimentación del producto, se logró producir 100 bloques por día, después de la fabricación del bloque reemplazando los áridos por plástico reciclado, a los 28 días de curado se realizaron todos los ensayos técnicos exigidos por normas de dicho país, algunas características relevantes que se encontraron fueron que la resistencia del bloque es la mitad a comparación de los bloques comunes, sin embargo, se mostraron ventajas con respecto al aislamiento térmico y la liviandad, se concluyó que el bloque de concreto con PET adicionado solo podría ser utilizado para cerramientos no portantes en viviendas.

En la India (Ramadevi & Manju, 2012) realizaron el análisis de muestras bloques de concreto con agregado de fibras de botellas PET con proporciones de 0%, 0.5%, 1%, 2%, 4% y 6% en reemplazo de los agregados fino de arena, a los 7 y 28 días curado se analizaron 3 parámetros diferentes, encontrando que la prueba de resistencia a la compresión y a la tracción dividida mostraron un aumento hasta el 2% de reemplazo de agregado fino por las fibras de botellas de PET y disminuyeron gradualmente cuando se añadía 4% y 6% de agregados plásticos, por otro lado, la prueba de resistencia a la flexión mostró un aumento hasta el 4% de reemplazo de agregado fino por las fibras de PET, manteniéndose constante al 6%, se concluye que todas las muestras cumplen con las normativas del país, sin embargo, se sugiere que el bloque más razonable a utilizar es con reemplazo al 2%, además, se evidenció que a mayor adición de fibras de botellas PET el peso de los bloques de concreto disminuyen.

En India (Thakur et al., 2020) estudiaron el bloque de concreto elaborado con plástico en su composición, como nuevo material se utilizó PET reciclado, se evaluaron 4 muestras, la primera sin adicionar plástico y el restante con el reemplazo de 2.5%, 5%, y 7.5% de agregado grueso por PET triturado, se realizaron ensayos a los 7, 14 y 28 días de curado, donde se demostró que la resistencia a la compresión disminuyen al aumentar el porcentaje de plástico en cada curado, también se mostró que la conducción de calor disminuye a medida que el porcentaje de PET aumenta, al comparar con las normas indias, se concluye que los bloques de concreto con adición de PET al 2.5% y 5% pueden ser utilizados en la construcción de edificios energéticamente eficientes.

En Colombia (Serrano Guzmán et al., 2017) estudiaron la resistencia a la compresión de 4 muestras de bloques de concreto con diferentes composiciones de plástico sin triturar, todas constaron de concreto más la adición de botellas PET de medio litro, 2 de estas con relleno de otro material en su interior, la primera con llanta triturada (C1) y la segunda con envolturas plásticas

(C2), para la tercera muestra se añadió 4 tubos de PVC de ½” por 30 cm de largo (C3) y para la cuarta 6 tubos de PVC de ½” por 30 cm de largo (C4), a los 28 días de curado la muestra C4 resultó ser el más liviano y comparándolo con las normas técnicas colombiana, este espécimen mostró un mejor comportamiento a la compresión, además, que demostró estar apto de ser utilizado en mampostería no estructural.

En el país de Malasia (Mokhtar et al., 2018) estudiaron la resistencia y trabajabilidad de bloques de concreto convencionales entrelazados con reemplazo de las mezclas normales adicionando 5%, 10% y 15% de PET reciclado, mediante el proceso de endurecimiento y curado de 7 días se ha desarrollado las pruebas de compresión, como resultado, el valor del bloque de hormigón normal estándar presentó mayor resistencia con respecto a los bloques con adición de plástico, de las muestras con PET en su composición se concluye que la mayor resistencia a la compresión se muestra con el 5% y esto del mismo modo que la densidad del concreto va disminuyendo conforme aumenta el porcentaje de agregado plástico.

En Bolivia (Flores et al., 2014) investigaron la mezcla de cemento y agregado plástico para la elaboración de bloques de concreto ecológico, se experimentó un solo tipo de muestra con el reemplazo en un 15% del peso de agregado fino por 1 kg de escama de PET reciclado, a los 28 días de curado se analizó la resistencia a la compresión, concluyendo que se cumple con la calidad técnica exigida por el país y óptimo para poder ser empleados en viviendas con estructura independiente.

En República Dominicana (García De Los Santos et al., 2013) estudiaron bloques de hormigón de 6” con sustitución de porcentajes al 10%, 25% y 40% en volumen de agregado grueso por residuo plástico ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) triturado, estos se compararon con el bloque convencional, se midieron los parámetros de resistencia a la compresión, peso y absorción de los bloques, los resultados mostraron la reducción del peso de bloque con el aumento de porcentaje de adición de ABS, el uso de este tipo de plástico para la elaboración de bloques de concreto, además de cumplir con las exigencia técnicas del país, también superan la resistencia de los bloques de hormigón convencionales a los 7, 15 y 28 días de curado con sustitución de ABS al 10% y 25%, siendo ideal para el uso en mampostería estructural.

En Colombia (Barragan, et al., 2017) fabricaron ecobloques utilizando botella de PET con relleno de materiales no biodegradables en su interior más mezcla de concreto, para reforzar la adherencia de la botella al hormigón se utilizó aditivo de macrofibras sintética, las muestras se analizaron a los 7, 14 y 28 días de curado, en la prueba de resistencia a la compresión, se demostró que este aumenta a mayor tiempo de curado, al comparar con las normas técnicas colombianas resultó que el bloque terminado puede ser empleado en mampostería no estructural.

En Venezuela (Garcia et al., 2017) estudiaron bloques de concreto con plástico en su composición, las mezclas analizadas y comparadas fueron con adición de materiales reciclados de 27% de PET, y agregado de 10.24% y 14.61% de PVC respectivamente, a los 7 días de curado se realizaron pruebas de laboratorio donde resultó que ninguna de las muestras cumplían con los requisitos técnicos mínimos exigidos por el país venezolano, sin embargo, se demostró que a mayor porcentaje de adición de plástico, el peso del bloque de concreto disminuye, por otro lado, se evidenció que el porcentaje de absorción de humedad no mostró diferencia significativa, por último el espécimen con 10.24% de adición de PVC fue el que presentó un mejor valor de la resistencia a la compresión.

En Chile (Infante & Valderrama, 2019) estudiaron el reemplazo de agregado fino para la elaboración de bloques de hormigón, analizando los diferentes comportamientos técnicos, ambiental y económico, se confeccionaron 60 probetas de 5%, 10% 15% y 20% de adición de PET reciclado, a los 28 días de curado se realizó el análisis técnico de densidad, resistencia a la flexión y compresión, y porcentaje de absorción de agua, como resultado en la densidad se llegó a comprobar una disminución constante a medida que se va incrementando porcentaje de PET, el bloque con agregado de 10% y 20% de PET mostró resultados óptimos de resistencia a la flexión, compresión y absorción de agua al compararlo con la norma chilena.

En Colombia (Di marco & Leon, 2017) experimentaron bloques de concreto reemplazando al material granular por fibras de PET en porcentajes de 20%, 25%, 30%, 35% y 40%, a los 7 y 28 días de curado, se determinó que el valor del parámetro de absorción de agua va disminuyendo conforme el porcentaje de agregado plástico aumenta, por otro lado, al evaluar la resistencia a la flexión el espécimen con adición de PET al 25% mostró mejores resultados en los diferentes días de curado cumpliendo además con lo requerido por la norma colombiana para la fabricación de bloques de concreto.

En Brasil (Bezerra da Silva et al., 2010) desarrollaron un estudio de dosificación y elaboración de bloques estructurales de concreto con contenido de PET al 2.5%, 5%, 7.5% y 10%, para reemplazar al agregado fino, se evaluó la resistencia a la compresión al tiempo de curado de 7 y 28 días, los resultados obtenidos para la compresión fue mejor en los 28 días de curado, mientras a los 7 días el resultado no fue significativo, al 10% de agregado plástico se mostraron los resultados más desfavorables, sin embargo, a pesar de ello se aceptaron todos los valores de la muestra dentro de lo establecido por las normas técnicas del país para ser empleados en mampostería estructural.

En Tailandia (Waroonkun et al., 2017) analizaron la resistencia a la compresión de bloques de concreto con reemplazo de agregado fino por escamas de botellas PET a porcentajes de 5%, 10%, 15% y 20%, a los 28 días de curado se analizó dicho parámetro, resultando que todas las muestras cumplieron con lo establecido en las normas del país con respecto a la resistencia a la compresión, se concluye que el producto final puede ser utilizada para construir paredes o muros sin carga.

En India (Mathew et al., 2016) realizaron la comparación de bloques de hormigón incorporados de plástico con bloques de hormigón ordinario, el polietileno de baja densidad (LDPE) reciclado se utilizó en reemplazo de agregado grueso del 5% al 30%, al tener fabricados los bloques se dejaron curar por el tiempo de 28 días, se analizaron la resistencia a la compresión, densidad, peso y absorción de agua, en los resultados se encontró que el porcentaje óptimo de reemplazo de agregado grueso se encuentra entre 15% y 20% , asimismo, en todas las pruebas se mostraron valores ligeramente menor al de los bloques de hormigón ordinario.

En Colombia (Martínez & Cote, 2014) diseñaron y elaboraron bloques de cemento con adición de escamas de PET en proporciones de 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80% y 90%, al tiempo de curado de 7 y 28 días se hicieron pruebas de compresión determinando que los bloques que contienen más cemento son más resistentes, comparando con las normas técnicas del país se concluye que con la adición de plástico hasta un 50% se tienen productos de mayor resistencia a comparación de los bloques comerciales.

5. Tendencia en los resultados

Las investigaciones muestran que la granulometría del plástico que se emplea para añadir a la mezcla va desde micronizado (0.076mm) hasta botellas PET enteras de 500 ml. Por otro lado, se mostró que la conductividad térmica de los bloques disminuye conforme aumenta el porcentaje de adición de plástico. A continuación, se presentan resultados de algunas propiedades mecánicas de los bloques de concreto.

Tabla 1 Resumen de las principales propiedades mecánicas

TIPO DE PLÁSTICO	PET				ABS		PVC		LDPE			
	Valor	Curado	Valor	Curado	Valor	Curado	Valor	Curado	Valor	Curado	Valor	Curado
	Mín	(días)	Máx	(días)	Mín	(días)	Mín	(días)	Mín	(días)	Máx	(días)
Porcentaje adicionado	15%		1%		10%		10.24%		15%		19%	
Resistencia a la compresión (Mpa)	4		40	28	16.17		1.15		3.12		10.6	
Porcentaje adicionado	10%	28	5%	7	%	7	%	7	15%	28	19%	28
Densidad (Kg/m3)	2.21		2240		-		-		2152		1800	
Porcentaje adicionado	10%		1 Kg/bloque		10%		10.24%		15%		%	
Absorción agua (%)	7.26		21.6		3.52		8.24		2.6		-	

En la tabla se muestra los tipos de plástico, el tiempo de curado, el porcentaje de plástico adicionado y los valores mínimos y máximos más relevantes de las principales propiedades mecánicas que se encontraron analizando y comparando los artículos científicos mencionados anteriormente.

De las 12 investigaciones que utilizaron PET en sus especímenes, a los 28 días de curado (Flores et al., 2014) experimentaron el valor mínimo de resistencia a la compresión, obteniendo un valor de 4 Mpa cuando adicionó 15% de este material, mientras que (Ramadevi & Manju, 2012) al adicionar 1% obtuvo 40 Mpa. Por otro lado (Infante & Valderrama, 2019) a los 28 días de curado determinó 2.21 kg/m3 de densidad para una muestra que tenía 10% de adición, mientras que (Mokhtar et al., 2018) alcanzó un valor de 2240 kg/m3 con adición al 5%, sin embargo, esta fue con un tiempo de curado de 7 días. Para la propiedad mecánica de absorción de agua (Infante & Valderrama, 2019) encontró que para una muestra con 15% de PET agregado el valor es 7.26% a los 28 días de curado, en otro estudio (Gaggino, et al., 2015) con el mismo tiempo de curado encontró que la densidad del bloque resultó ser de 21.6% cuando tenía en su composición 1kg de PET por cada bloque. En todos los estudios se utilizaron PET triturado como reemplazo del agregado.

Solo se encontró que una investigación utilizó plástico triturado de tipo ABS como reemplazo del agregado grueso, con 10% de adición de este plástico y 7 días de curado (García De Los Santos et al., 2013) obtuvo como resultado 16.17 Mpa en resistencia a la compresión y 3.52% de absorción de agua.

De lo investigado (García et al., 2017) fue el único que emplearon PVC triturado para experimentar en la fabricación de bloques de concreto, para esto adicionó 10.24% de este material y a los 7 días de curado la resistencia a la compresión llegó a 1.15 Mpa y la absorción de agua a 8.24%, cabe recalcar que el producto final obtenido no cumplió con la normativa técnica venezolana.

Se tienen dos investigaciones que estudiaron el plástico LDPE, (Mathew et al., 2016) adicionaron 15% y (Díaz & Hernández, 2018) 19% de este material, ambos a los 28 días de curado analizaron algunas propiedades mecánicas obteniendo valores mínimos y máximos respectivamente, en la resistencia a la compresión 3.12 Mpa fue el resultado más bajo y 10.6 Mpa el más alto, para la densidad, como valor mínimo se obtuvo 1800 Kg/m3 y máximo de 2152 Kg/m3, por último, para la propiedad de absorción de agua solo fue experimentado por (Mathew et al., 2016) quien como resultado mostró un valor de 2.6%.

6. Aplicación de bloques de concreto con plástico adicionado

Según (Salazar et al., 2013) los bloques de concreto fabricados con PET en su composición sirven para brindar un confort térmico tanto en épocas frías y calientes, esto debido a la característica del plástico para actuar como un aislante, también se encontró que (San Bartolomé et al., 2007) utilizaron bloques de concreto con resistencia a la compresión de 6.6 Mpa para edificar muros portantes en una vivienda, otras aplicaciones dadas fueron hechas por (Molina et al., 2015) quienes

al obtener un producto con densidad de 1.30 g/cm³ y resistencia a la compresión desde 0.358 a 1.439 Mpa emplearon los bloques en construcciones livianas y de uso no portantes.

En Perú el uso de los bloques de concreto está determinada por la calidad del producto que es velada por el INDECOPI, entidad que en base a los valores de la resistencia a la compresión dada por la Norma Técnica E.070 Albañilería, determina que los bloques pueden ser usados para construcción de muros no portantes y portantes cuando la resistencia mínima sea igual a 2 Mpa y 4.9 Mpa respectivamente. (ICG, 2006).

7. Conclusiones

- El uso de diferentes residuos plásticos es una buena alternativa ecológica para la fabricación de bloques de concreto.
- Se encontraron 16 artículos científicos en diferentes países del mundo que utilizaron plástico como nuevo material en la elaboración de bloques de concreto, existe una tendencia por el empleo del PET (75%), seguido del LDPE (13%), el ABS (6%) y el PVC (6%).
- Los artículos científicos se encontraron en 10 países diferentes, con 4 investigaciones Colombia mostró mayor interés por el tema, seguido de India con 3, Argentina 2 y el resto de países con una investigación.
- El tiempo de curado utilizado en los experimentos se realizan a los 7, 14 y 28 días, siendo este último el más común.
- Se encontraron mejores resultados de las propiedades mecánicas cuando el triturado del plástico era más fino.
- La resistencia a la compresión de los bloques es inversamente proporcional al porcentaje de plástico agregado.
- La densidad de los bloques es más baja cuando el porcentaje de plástico es mayor.
- El porcentaje de absorción de agua es directamente proporcional al porcentaje de plástico adicionado.
- La adición de plástico a los bloques de concreto disminuye la conductividad térmica del producto terminado.
- Los bloques de concreto con adición de PET pueden emplearse en construcciones portantes y no portantes.

Referencias

- Barragan, A., Duran, N. G., Figueroa, K. A., & Robayo, X. M. (2017). Ecobloque estructural para vivienda de interés rural : Un aporte para las comunidades del Alto Magdalena-Colombia Structural ecobloque for rural housing : A contribution for communities of the Alto Magdalena-Colombia. *Lámpasakos*, ISSN-e 2145-4086, ISSN 2145-4086, N°. 17, 2017 (*Ejemplar Dedicado a: Edición 17: Notas Ingenieriles*), Págs. 29-39, (17), 29–39. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6124533>
- Bezerra da Silva, J., Gonçalves Duarte Mendonça, A. M., Guedes Rodrigues, J. K., Coutinho Lira, Y., & Beserra Costa, D. (2010). *Study of Dosage and Production of Structural Blocks in Concrete With Incorporation of Micronized Polyethylene Terephthalate*. Retrieved from https://umanitoba.ca/faculties/engineering/departments/ce2p2e/alternative_village/media/16th_NOC_MAT_2015_submission_95.pdf
- Di marco, R., & Leon, H. (2017). *Ladrillos con adición de pet*. Retrieved from <http://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2017/5sim/39D.pdf>

- Díaz, A., & Hernández, A. (2018). ENSAYO DE DOSIFICACIONES PARA BLOQUES , LADRILLOS Y CONTRAPISOS DE HORMIGON CON DESECHOS PLASTICOS Y FINOS DE PERLITAS. *Avances En Energías Renovables y Medio Ambiente*, (September 2018). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/330205627_ENSAYO_DE_DOSIFICACIONES_PARA_BLOQUES_LADRILLOS_Y_CONTRAPISOS_DE_HORMIGON_CON_DESECHOS_PLASTICOS_Y_FINOS_DE_PERLITAS
- Flores, V., Rojas, J., Torres, R., Vallejos, R., Flores, P., & Flores, M. (2014). Mezclas de cemento y agregados de plastico para la construccion de viviendas ecologicas. *Ciencias Tecnológicas y Agrarias T-I: Handbook*, 101–110. Retrieved from https://www.ecorfan.org/bolivia/handbooks/ciencias_tecnologicas_I/Articulo_7.pdf%0Ahttps://dialnet.unirioja.es/servlet/extart?codigo=4883701
- Gaggino, R., Kreiker, J., Mattioli, D., & Arguello, R. (2015). Emprendimiento de fabricación de ladrillos con plástico reciclado involucrando actores públicos y privados. *Área*. Retrieved from https://area.fadu.uba.ar/wp-content/uploads/AREA21/AREA21_Gaggino_et_al.pdf
- García De Los Santos, E., Martínez Mateo, M., Nina Pérez, A., Mejía Suero, A., Olivo Nuñez, A., Morantín Ventura, B., ... Roberto Félix, I. (2013). Estudio de factibilidad bloques de hormigón con agregado de residuo plástico ABS. *Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013)*, 1–10. Retrieved from <http://www.laccei.org/LACCEI2013-Cancun/StudentPapers/SP004.pdf>
- García, J. M., & Vigo, R. A. (2019). REVISIÓN SISTEMÁTICA SOBRE LA UTILIZACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO (PET) EN LA ELABORACIÓN DE LADRILLO DE CONCRETO ARMADO. *Repositorio, Universidad Privada Del Norte*, 68. Retrieved from <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32303>
- García, S., Bracho, N., & López, W. (2017). Estudio del efecto de la adición de residuos plásticos en la fabricación de bloques huecos de concreto. *Rev.LatinAm.Metal.Mat.*, 2016, 55–59. Retrieved from <http://www.rlmm.org/ojs/index.php/rlmm/article/view/888>
- ICG. (2006). Reglamento nacional de edificaciones. Norma E.070. Retrieved from Rne website: <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>
- Infante Alcalde, J., & Valderrama Ulloa, C. (2019). Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). *Información Tecnológica*, 30(5), 25–36. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500025>
- Martínez Amariz, D. A., & Cote Jimenez, M. (2014). Diseño y fabricación de ladrillo reutilizando materiales a base de PET. *Inge-Cuc*, 10(2), 76–80.
- Mathew, P., Ambika, K. P., Prakash, P., Barried, T., & Varsha, P. (2016). Comparative Study on Waste Plastic Incorporated Concrete Blocks with Ordinary Concrete Blocks. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 1894–1896. Retrieved from <https://www.irjet.net/archives/V3/i5/IRJET-V3I5389.pdf>
- MINAM. (2018). Cifras del mundo y el Perú. Retrieved June 28, 2020, from Menos Plastico Mas Vida website: <http://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- Mokhtar, M., Kaamin, M., Sahat, S., & Hamid, N. B. (2018). The Utilisation of Shredded PET as Aggregate Replacement for Interlocking Concrete Block. *E3S Web of Conferences*, 34, 01006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183401006>
- Molina, N. F., Fragozo Tarifa, O. I., & Vizcaíno Mendoza, L. (2015). Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25(2), 99. <https://doi.org/10.18359/rcin.1434>
- Muyen, Z., Barna, T., & Hoque, M. (2016). Strength properties of plastic bottle bricks and their suitability as construction materials in Bangladesh. *Progressive Agriculture*, 27(3), 362–368. <https://doi.org/10.3329/pa.v27i3.30833>
- ONU Medio Ambiente. (2018). Single use plastic. *British Dental Journal*, 227(5), 327–327. <https://doi.org/10.1038/s41415-019-0765-x>
- Ramadevi, K., & Manju, R. (2012). Experimental Investigation on the Properties of Concrete With Plastic PET (Bottle) Fibres as Fine Aggregates. *Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 2(6), 42–46. Retrieved from

- https://www.researchgate.net/publication/287656238_Experimental_Investigation_on_the_Properties_of_Concrete_With_Plastic_PET_Bottle_Fibres_as_Fine_Aggregates
- Salazar Marín, E., Londoño, Arroyave, J., & Yepes, C. R. (2013). Desarrollo De Un Módulo Habitacional a Partir De Materiales Reciclados. *Scientia Et Technica*, 18(1), 247–252.
<https://doi.org/https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1671>
- San Bartolomé, A., César, R., & Tores, J. C. (2007). *Mejora De La Adherencia Bloque-Mortero*. 1–8.
Retrieved from http://www.concretonline.com/pdf/02morteros/art_tec/20070427-Adherencia_bloque-mortero.pdf
- Serrano Guzmán, M. F., Pérez Ruiz, D. D., Torrado Gómez, L. M., & Darío Hernández, N. (2017). Residuos Inertes para la Preparación de Ladrillos con Material Reciclable: Una Práctica para Protección del Ambiente. *Industrial Data*, 20(1), 131. <https://doi.org/10.15381/idata.v20i1.13507>
- Thakur, G., Asalam, M., & El Ganaoui, M. (2020). Energy efficient building envelope using waste PET in concrete. *MATEC Web of Conferences*, 307, 01022.
<https://doi.org/10.1051/mateconf/202030701022>
- Waroonkun, T., Puangpinyo, T., & Tongtuam, Y. (2017). The Development of a Concrete Block Containing PET Plastic Bottle Flakes. *Journal of Sustainable Development*, 10(6), 186.
<https://doi.org/10.5539/jsd.v10n6p186>