



ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO CON POLIETILENO DE TEREFTALATO PARA LA FABRICACIÓN DE BLOQUES

Development and characterization of a polyethylene terephthalate composite material for blocks manufacture

iD	Paúl Núñez Naranjo*
iD	Franco Palacios Pérez
iD	Edwin Taranto González
iD	Santiago Armijos Mena

Instituto Superior Tecnológico Tsachila, Mecánica Industrial, Santo Domingo, Ecuador.

*luisnunez@tsachila.edu.ec

RESUMEN

La fabricación de bloques con Polietileno de Tereftalato reciclado para la construcción de mampostería no portante, pretende determinar las características físicas y mecánicas del plástico para incluirlos en la mezcla con materiales tradicionales como son el cemento, agua y arena. Se elaboró bloques con dimensiones comerciales en la provincia de Santo Domingo de 40 x 20 x 10 cm con adición de plástico Polietileno de Tereftalato al 20, 40, 60 y 80 por ciento en sustitución del material pétreo grueso. Se realizaron ensayos de compresión y flexión para determinar las propiedades mecánicas de las probetas y compararlas con las características especificadas en la Norma Ecuatoriana de la Construcción y la norma NTE INEN 3066 que determinan los requisitos y métodos de ensayo para bloques de hormigón, también se determinó la inflamabilidad con la muestra al 40 por ciento de plástico reciclado basado en la norma BS EN ISO 11925-2:2010 y por último, se encontró la conductividad térmica del material compuesto, fundamentado en el estándar ISO 8302.

Palabras Clave: caracterización, bloques, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

ABSTRACT

Blocks manufacture with recycled Polyethylene Terephthalate, for the construction of non-bearing masonry, aims to determine the physical and mechanical characteristics of the plastic to include them in the mixture with traditional materials such as cement, water and sand. Blocks based on commercial specifications of 40 x 20 x 6 cm with the addition of Polyethylene Terephthalate plastic at 20, 40, 60 and 80% to replace the thick stone material are made in the province of Santo Domingo. Compression and bending tests are carried out to determine the mechanical properties of the specimens and compare them with the characteristics specified in the Ecuadorian Construction Standard and the NTE INEN 3066 standard that determine the requirements and test methods for concrete blocks. It is also determined the flammability with the sample at 40 percent recycled plastic based on the BS EN ISO 11925-2: 2010 standard. Finally, the thermal conductivity of the composite material based on the ISO 8302 standard is determined.

Keywords: characterization, blocks, physical properties, mechanical properties.

Fecha de recepción: 22-04-2022

Fecha de aceptación: 02-08-2022

Fecha de publicación: 04-04-2023

I. INTRODUCCIÓN

Según lo nominado por Infante et al. 2019 (1), en el sector de construcción uno de los materiales más utilizados es el hormigón, debido a sus excelentes características físicas, como durabilidad, resistencia a la compresión y trabajabilidad del material en estado fresco. No obstante, su uso también acarrea unos grandes costes medioambientales, por la enorme cantidad de energía consumida y CO₂ liberado durante su fabricación. El alto índice de explotación de los recursos naturales por la población ha llevado a un impacto perjudicial al medio ambiente y a toda la biodiversidad. La explotación de los recursos naturales es utilizada en la fabricación de materiales por el sector de la construcción de viviendas. Con el ímpetu de dar un aporte a la solución de este problema se ha escogido esta temática a investigar acerca del uso del plástico reciclado (2) en la construcción de bloques de Polietileno de Tereftalato (PET). Teniendo en cuenta que en el país los bloques de concreto son el principal elemento en la construcción de paredes y viviendas.

En el estudio llevado a cabo por Da Silva, et al. 2021 (3), recomiendan que el suelo utilizado para la fabricación de mampostería debe ser el adecuado de acuerdo con su granulometría y la distribución de las partículas, razón por la cual se debe tomar en consideración el diámetro del plástico (4) para no interferir en los resultados. Por otro lado, Spósito et al. 2020 (5), establecen los agregados que deben incorporarse a la mezcla para la producción de hormigón de alta resistencia utilizando en este estudio muestras con cemento, agregado fino, grueso, agua y Cemento Portland (Tipo I).

La producción mundial de plástico está creciendo rápidamente y para 2030 el mundo puede producir alrededor de 619 millones de toneladas de plástico por año. El aporte que se pretende brindar durante la investigación es de gran valor, mediante la utilización del plástico PET (6) reciclado como material compuesto e indispensable en la fabricación de bloques de construcción.

Según Salazar et al. 2013 (7) 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 utilizaron bloques de concreto con resistencia a la compresión de 6.6 MPa para edificar muros portantes en una vivienda.

El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en Santo Domingo de los Tsáchilas indica que el promedio de residuos recolectados al día es de 346 toneladas, cabe indicar que en la localidad los residuos plásticos no son reutilizados. Sin embargo, la utilización del plástico PET reciclado por su fácil manipulación y la estructura de la modelación con elevadas temperaturas, se fija como una opción precisa en la construcción de los bloques PET como materia prima y a su vez incrementarían los porcentajes de reciclaje ayudando a la reducción del impacto ambiental (8).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ensayo de Granulometría

Para al ensayo de granulometría se tomó en consideración la norma NTE INEN 696:11 que establece el método de ensayo para la distribución

granulométrica para las partículas de áridos finos y gruesos por tamizaje como se indica en la tabla 1.

TAMIZ	Mn	PESO RET/ACUM	%RETENIDO	% QUE PASA
3"	76.200	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.100	0.00	0.00	10.00
1"	25.400	1261.80	11.66	88.34
¾"	19.050	3292.10	30.43	69.57
½"	12.700	4644.20	42.92	57.08
3/8"	9.530	5273.10	48.74	50.05
N 4	4.760	5404.50	49.95	
N 10	2.000	448.30	44.91	5.14
N 40	0.420	496	49.69	0.36
N100	0.149	497.6	49.85	0.20
N200	0.074	498.80	49.97	0.08
PASA N200			0.00.808	
TORAL ARENAS		499.60		
GRAN PESO TOTAL	10819.90	Peso cuarteo antes de lavado		499.60
Peso de lavado		Peso cuarteo después de lavado		498.80
Total-diferencia		Diferencia o pasa tamiz 200		0.80

Tabla 1. Tamizaje y propiedades de los áridos

Se realizaron los bloques partiendo del análisis granulométrico de los agregados gruesos del material pétreo (9), mediante el método cuantitativo se procede a añadir el agua, cemento y como sustituto de la piedra pómez el plástico PET triturado. Para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los bloques se fabricaron los bloques agregando a la mezcla el 20, 40, 60 y 80 por ciento de plástico como se muestra en la figura 1, comparándolo con los bloques tradicionales por medio de ensayos de compresión, flexión y análisis térmicos.

Se tomó como referente la Normativa Ecuatoriana de Construcción para comparar los datos y estándares para la fabricación de bloques, los ensayos se realizaron en laboratorios acreditados con la finalidad de obtener datos fidedignos y evitar errores en la interpretación de estos.



Figura 1. Probetas para ensayos de compresión y flexión

2.2 Ensayo de Compresión

Para realizar el ensayo de resistencia a la compresión se utilizó la norma ASTM C-140/ NTE INEN 3066 (10), en la que se establecen los requisitos mínimos y los métodos de ensayo para bloques fabricados con cemento, agua y áridos los cuales pueden tener o no aditivos.

Para este ensayo lo que recomienda la norma, es tomar tres muestras de cada uno de los porcentajes de sustitución del PET, por lo que se toman muestras sin imperfecciones (11) con 28 días de curado, utilizando una máquina universal se procede a realizar las pruebas con los bloques tradicionales y las probetas al 20%, 40%, 60% y 80%.

2.3 Ensayo de Flexión

Para realizar el ensayo de resistencia a la flexión se basó en la norma ASTM C-78/ NTE INEN 2554 (12), en la que se establecen los requisitos mínimos y los métodos de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del hormigón.

Para este ensayo lo que recomienda la norma es tomar tres muestras de cada uno de los porcentajes de sustitución del PET, por lo que se toman muestras sin imperfecciones con 28

días de curado (13,14), utilizando una máquina universal se procede a realizar las pruebas con 20%, 40%, 60% y 80%. Para determinar el módulo de rotura se deben señalar los tercios del bloque para identificar en cual tercio se fractura la probeta como se indica en la figura 2.



Figura. 2. Ensayo de flexión

2.4 Ensayo de Inflamabilidad

El ensayo de inflamabilidad se lo realizó exponiendo las probetas a llama directa durante 30 segundos mediante el método BS EN ISO 11925-2:2010 (15), utilizando un mechero, porta muestra y ducto de extracción de aire. Para las mediciones se utilizaron un pie de rey (IM-111); Cronómetro (EM-226); Termo higrómetro (EM-079) con condiciones de Temperatura (máx./mín.): 22.6 y 21.8 °C y de Humedad (máx./mín.):

53.6 y 51.7 %.

2.5 Ensayo de Conductividad Térmica

En el caso de la conductividad térmica se la realizó con una muestra de 150X150x50 mm con 40% de mezcla, fundamentado en la norma ISO 8302 (16) con un rango de temperatura de 10 a 40 grados centígrados, usando un medidor de conductividad térmica (17,18) entre placas calientes con un diferencial de placas de 15 °C.

III. RESULTADOS

3.1 Resistencia a la compresión

El número de muestras utilizadas fueron 15 probetas, de las cuales para el análisis de la resistencia a la compresión se efectuaron las dosificaciones (19) de 20%, 40%, 60%, 80% de PET como sustituto del árido grueso y con el bloque tradicional sin ninguna dosificación de PET, cumpliendo con la normativa NTE-INEN 3066. En la tabla 2 se detallan los esfuerzos promedios para cada una de las probetas.

Resistencia a la compresión							
Dosificación PET	Probeta N°	Largo (a)	Ancho (b)	Espesor (c)	Carga	Esfuerzo	Esfuerzo Promedio
		cm	cm	cm	(KN)	MPa	MPa Promedio
Bloque hueco normal	1	40	20	10	64.50	1.89	1.92
	2	40	20	10	53.60	1.57	
	3	40	20	10	78.40	2.29	
Bloque hueco con 20% de PET	4	40	20	10	70.20	2.05	2.53
	5	40	20	10	96.30	2.82	
	6	40	20	10	92.90	2.73	
Bloque hueco con 40% de PET	7	40	20	10	99.10	2.9	2.77
	8	40	20	10	98.40	2.88	
	9	40	20	10	86.00	2.52	
Bloque hueco con 60% de PET	10	40	20	10	88.10	2.58	2.18
	11	40	20	10	75.10	2.2	
	12	40	20	10	59.70	1.75	
Bloque hueco con 80% de PET	13	40	20	10	49.60	1.45	1.39
	14	40	20	10	55.10	1.61	
	15	40	20	10	37.87	1.11	

Tabla 2. Resultado del ensayo de resistencia a la compresión-Laboratorio de ingeniería Civil-UTA

Los esfuerzos promedios con cada dosificación se determinaron en la figura 3.

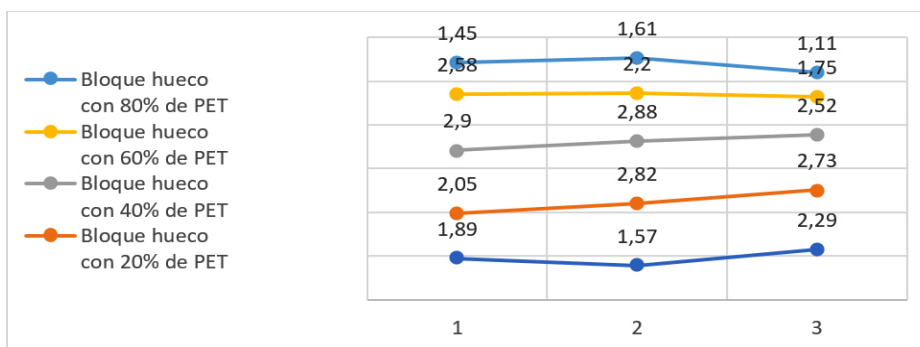


Figura 3. Resistencia a la compresión con diferentes dosificaciones de PET-Laboratorio de Ingeniería Civil-UTA

También se realizó una comparación del esfuerzo promedio y la relación de éste respecto al peso de las probetas como se detalla en la tabla 3.

Identificación	Bloque hueco tradicional	Bloque hueco con 20% de PET	Bloque hueco con 40% de PET	Bloque hueco con 60% de PET	Bloque hueco con 80% de PET
Esfuerzo (MPa)	1.92	2.53	2.77	2.18	1.39
Peso (lb)	25	23.44	22.72	19.08	16.76

Tabla 3. Comparación ensayo de compresión vs. Peso

La normativa NTE INEN 3066, detalla un estándar mínimo de resistencia a la compresión que deben cumplir los bloques tipo A, B y C para uso y comercialización (20), enunciados en la tabla 4. Los bloques elaborados para la investigación son del tipo C.

Descripción	Resistencia mínima a la compresión (MPa)		
	Clase A	Clase B	Clase C
Por bloque	12.4	3.5	1.4

Tabla 4. Resistencia mínima a la compresión

Los resultados obtenidos de resistencia a la compresión por parte de las configuraciones son

las siguientes: 1.92 MPa (bloque hueco normal), 2.53 MPa (bloque hueco con 20% de PET), 2.77 MPa (bloque hueco con 40% de PET), 2.18 MPa (bloque hueco con 60% de PET), 1.39 MPa (bloque hueco con 80% de PET).

3.2 Resistencia a la flexión

Se determinó el grado de ductilidad de los bloques en cada una de las probetas con las dosificaciones determinadas de PET con 20%,40%,60%, 80% y el bloque tradicional sin ninguna dosificación de PET como se muestra en la tabla 5.

Dosificación PET	Probeta N°	Resistencia a la Flexión					
		Largo (a)	Ancho (b)	Espesor (c)	Carga	Modulo de Rotura	Modulo de rotura Promedio
		cm	cm	cm	(KN)	MPA	MPA Promedio
Bloque hueco normal	1	40	20	10	3.82	0.29	0.24
	2	40	20	10	2.52	0.19	
	3	40	20	10	2.96	0.23	
Bloque hueco con 20% de PET	4	40	20	10	3.5	0.22	0.23
	5	40	20	10	4.47	0.2	
	6	40	20	10	3.69	0.26	
Bloque hueco con 40% de PET	7	40	20	10	7.46	0.47	0.47
	8	40	20	10	6.40	0.5	
	9	40	20	10	5.47	0.44	
Bloque hueco con 60% de PET	10	40	20	10	5.17	0.19	0.15
	11	40	20	10	5.58	0.13	
	12	40	20	10	4.61	0.12	
Bloque hueco con 80% de PET	13	40	20	10	4.88	0.14	0.14
	14	40	20	10	5.01	0.17	
	15	40	20	10	4.99	0.12	

Tabla 5. Resultado del ensayo de resistencia a la flexión-Laboratorio de Ingeniería Civil-UTA

Los resultados promedios del módulo de rotura de cada una de las probetas se compararon en la figura 4.

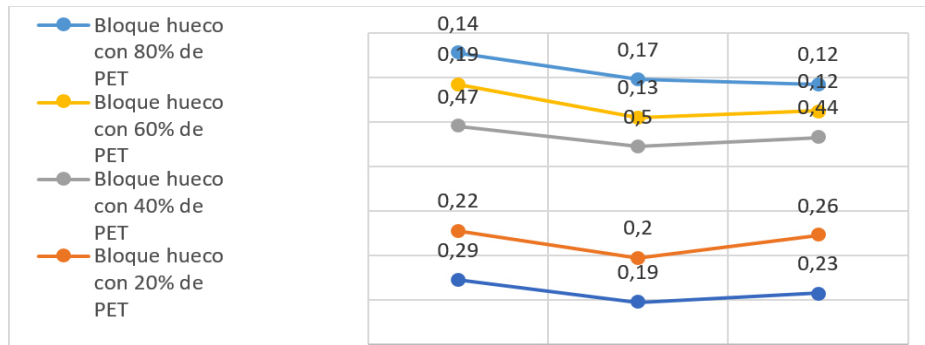


Figura 4. Resistencia a la flexión con diferentes dosificaciones de PET-Laboratorio de Ingeniería Civil-UTA

Se realizó una comparación del módulo de rotura y la influencia que tiene el peso de las probetas, como se detalla en la tabla 6.

Identificación	Bloque hueco tradicional	Bloque hueco con 20% de PET	Bloque hueco con 40% de PET	Bloque hueco con 60% de PET	Bloque hueco con 80% de PET
Módulo de rotura (MPa)	0.24	0.23	0.47	0.15	0.14
Peso (lb)	25	23.44	22.72	19.08	16.76

Tabla 6. Comparación ensayo de flexión vs. Peso

3.3 Comparativa entre ensayo de resistencia a la compresión y flexión

Esta gráfica permitió analizar el comportamiento de cada configuración de composite frente a las cargas de compresión y flexión a las cuales fueron sometidas durante los ensayos. La evaluación de la figura 5 permitió determinar que la configuración de composite más resistente a

flexión y compresión es la del bloque hueco con 40% PET.

Ordenando de forma descendente según la resistencia a flexión y compresión, las configuraciones de composite fueron las siguientes: bloque hueco con 40% PET, bloque hueco con 20% PET, bloque hueco con 60% PET, bloque hueco tradicional, bloque hueco con 80% PET.

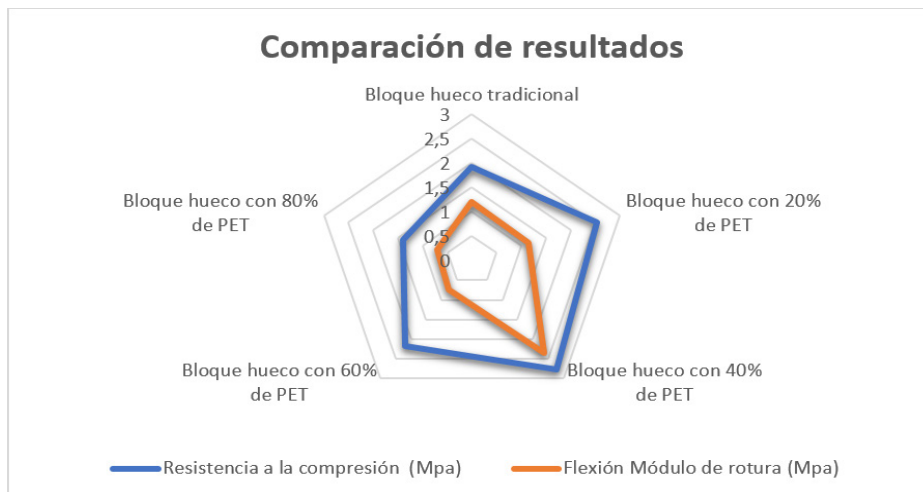


Figura 5. Análisis resultados compresión y flexión

3.4 Conductividad Térmica

La prueba se realizó en el laboratorio de ensayos térmicos y eficiencia energética de la ESPOL, la muestra compuesta utilizada fue de PET con 40%, de acuerdo a la tabla 7, el resultado obtenido fué de 0.253 W/m-k, el ensayo cumple con la normativa NEC.

Conductividad térmica con dosificación del 40% de PET							(NEC)
Código	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Peso (g)	Densidad (Kg/m ³)	Conductividad térmica W/m-k	Conductividad térmica W/m-k
2109004	154	154	47.7	1.758	1.758	0.253	0.52

Tabla 7. Ensayo de Conductividad Térmica-LABET- ESPOL

En la comparación del bloque PET con la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC

Material	Conductividad (W/m-k)
Bloque hueco 40% PET	0.253
Hormigón	1.40
Hormigón armado	1.63
Bloque de concreto	0.62
Bloque hueco hormigón M	0.49
Bloque hueco hormigón P	0.56
Ladrillo común	0.80
Bloque hormigón ligero macizo	0.33
Bloque hormigón ligero	0.56

Tabla 8. Conductividad térmica de materiales de construcción NEC- HS-EE

Se pudo verificar que la conductividad térmica (21) del composite con 40% PET es inferior a todos los otros materiales tradicionales de construcción con los que se comparó, como se muestra en la tabla 8.

3.5 Inflamabilidad

El ensayo de inflamabilidad se realizó en el laboratorio de materiales de la ESPOL, se tomaron cuatro muestras con dosificaciones del 40% de PET y con un tiempo de quemado de 30 segundos por cada muestra, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 9, con un tiempo promedio de quemado de 23.62 segundos.

Inflamabilidad					
Criterios de evaluación	Código de submuestras				Tiempo promedio de quemado
	21-6164-1	21-6164-2	21-6164-3	21-6164-4	
¿Se produce la ignición en la superficie de la muestra?	Sí, desde los 17.96 segundos	Sí, desde los 28.10 segundos	Sí, desde los 26.15 segundos	Sí, desde los 22.26 segundos	23.62 segundos
¿La llama alcanzó un recorrido de 150 mm por encima de su punto de aplicación inicial?	NO	NO	NO	NO	NO
¿Se observó presencia de caída de gotitas o partículas en llamas?	NO	NO	NO	NO	NO
Otras observaciones del comportamiento de las submuestras	El inicio de la ignición ocurre con la aglomeración de partículas oscuras como se muestra en la fotografía 1b.				

Tabla 9. Ensayo de Inflamabilidad-Laboratorio de evaluación de materiales ESPOL

IV. DISCUSIÓN

En los hallazgos reportados por los ensayos de resistencia a la compresión, se pudo determinar que la configuración que más resistió es la que posee 40% de PET como sustituto del material pétreo grueso, al ser comparados con la norma INEN 3066 (10) se lo selecciona para realizar los ensayos de flexión, conductividad térmica e inflamabilidad ya que encajan como bloques del tipo C debido a su resistencia. Además, se logró establecer que, si agregamos más de 40% de PET al material compuesto, este empieza a reducir su resistencia (22), llegando al punto de ser inferior al bloque tradicional como se detalla en la tabla 2.

Se consiguió verificar que el bloque hueco con 80% de PET, no cumple con la resistencia mínima especificada en la norma INEN 3066, esto debido a que está sobre saturada de PET, pero el resto de las configuraciones cumplen con los requisitos de resistencia a la compresión, esto es favorable ya que indica que los bloques pueden ser utilizados y soportar las cargas necesarias para comercializarse.

Analizando los resultados de resistencia a la flexión, se pudo verificar que la configuración que más resistió es la que posee 40% de PET en su composición, ratificando que esta composición, es la seleccionada para realizar los demás ensayos. La normativa INEN 2554 (12) establece que la probeta con mayor módulo de rotura es la que mejor comportamiento tiene para trabajar con cargas a flexión, por ende, tiene mayor flexibilidad. Si agregamos más de 40% de PET al material compuesto, empieza a reducir su resistencia, llegando al punto de ser inferior al bloque tradicional, es decir el material pierde características mecánicas si lo sobresaturamos de PET.

Al tener el composite al 40% mejor comportamiento a compresión y flexión se realizó el ensayo de inflamabilidad, determinando que no existió caída de gotas o partículas en llama, mostrando

que es óptimo para utilizarse en la industria de la construcción por su resistencia al fuego directo.

Por último, en el ensayo de conductividad térmica se determinó que, debido a su bajo coeficiente para conducir el calor, los bloques con PET al 40% pueden ser fabricados y usados en construcciones de zonas climáticas húmedas y muy calurosas (23), permitiendo obtener confort térmico al interior de las viviendas. Debido a sus propiedades térmicas puede utilizarse para construcciones industriales donde se requiera materiales con baja conductividad térmica (24,25), ya que el material impide el flujo de calor, evitando las pérdidas de este.

V. CONCLUSIONES

1. Las muestras que fueron sometidas al ensayo de compresión y que soportaron mayor carga con un promedio de 2.77 MPa son los bloques huecos de 40% de PET como sustituto del árido grueso, razón por la cual se seleccionan para realizar los ensayos de inflamabilidad y de conductividad térmica.
2. Se pudo identificar que las probetas al 40% de PET y con una edad de 28 días de curado son las más resistentes al ensayo de flexión con un módulo de rotura de 0,47 MPa, por lo que se eligen como idóneas para realizar los demás ensayos.
3. En la realización del ensayo de inflamabilidad, se sometió 4 probetas al método BS EN ISO 11925-2:2010 ubicando éstas a 45° respecto a la llama directa, teniendo una marca referencial de 40 mm y un promedio de ignición de las muestras de 23,62 s.
4. No se observó la presencia de caída de gotas o partículas de llamas, así como tampoco hubo un recorrido por encima de su punto de aplicación inicial de 150 mm como referencia.
5. El ensayo térmico permitió determinar las propiedades físicas de los bloques como el peso con un valor de 1988.70 g, densidad igual a 1758 kg/m³ para la composición con Polietileno de Tereftalato reciclado al 40%.



6. Se estableció la conductividad térmica de los bloques con un valor de $0.253 \text{ W/m}\cdot\text{K}^\circ$, por lo que este material es idóneo para ser usado en climas húmedos y muy calurosos debido a su baja conductividad térmica.

VI. AGRADECIMIENTOS

El agradecimiento de este proyecto de investigación va dirigido al Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila, a los docentes de la carrera de Mecánica Industrial que aportaron con su

valiosa experiencia y a los alumnos que con sus trabajos de Integración Curricular hicieron posible la realización de este. Demostrando que si se trabaja en equipo se puede realizar cualquier proyecto que nos propongamos.

VII. CONFLICTO DE INTERESES

No existen intereses particulares por parte de los autores o de la entidad científica que pudiesen afectar directa o indirectamente a los resultados.

VIII. REFERENCIAS

1. Infante J, Valderrama C. Análisis Técnico, Económico y Medioambiental de la Fabricación de Bloques de Hormigón con Polietileno Tereftalato Reciclado (PET). Inf Tecnol [Internet]. 2019 [citado el 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.cl> DOI: 10.4067/S0718-07642019000500025
2. Vanini G, de Castro E, da Silva Filho E, Romão W. Despolimerização química de PET grau Garrafa pós-consumo na presença de um catalisador catiônico, o brometo de hexadeciltrimetilamônio (CTAB) [Internet]. 3ra ed. 2013 [citado el 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br> DOI: 10.4322/polimeros.2013.084
3. Da Silva T, Cecchin D, Garcez A, Valadão I, Alexandre J, da Silva F et al. Artículo Caracterización Tecnológica del PET—Polietileno Tereftalato—Ladrillos de Suelo-Cemento Adicionados. 1ra ed. Río de Janeiro: Rossana Bellopede; 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/ma14175035>
4. Ajede A. El aprovechamiento de los residuos plásticos granulados en el hormigón estructural. Rev Cien de la Vid [Internet]. 2019 [citado el 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://journals.co.za/doi/abs/10.1080/20421338.2017.1414111>. URI: <https://hdl.handle.net/10520/EJC-e464b9a0f>
5. Spósito F, Higuti R, Tashima M, Akasaki J, Melges J, Assunção C et al. Incorporación de residuos de PET en morteros de enlucido a base de cemento portland/cal hidratada. S Direc [Internet]. 2022 [citado el 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352710220302977>. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2020.101506>
6. De Cássia E, Agnelli J, Rossi R. Poli(Etileno Naftalato) - PEN: uma revisão do seu histórico e as principais tendências de sua aplicação mundial [Internet]. 2ª ed. 1998 [citado el 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br> DOI: 10.1590/S0104-14281998000200009
7. Salazar E, Londoño J, Yepes, C. Desarrollo De Un Módulo Habitacional a Partir De Materiales Reciclados. Sci Et Tech [Internet]. 2013 [citado 17 junio 2022]; 18: 247–252. Disponible en: <https://doi.org/https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/1671>
8. Aparecida dos Santos C, Gonçalves A, Cintra A, Da Silva L, Rossi A, Oliveira H et al. Processo de reciclagem químico de PET em meio alcalino: efeito da concentração do ion hidróxido, da cor do PET and do tempo of reação [Internet]. 4ª ed. Revistam; 2018 [citado el 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br> DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180004.0566>

9. Tuero R, López A. Evaluación comparativa de las propiedades físico-mecánicas de bloques de concreto no estructurales con la sustitución de agregados pétreos por agregados pet en porcentajes de 5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% curados por inmersión y comparados con un bloque de concreto patrón [Ingeniero Civil]. Universidad Andina del Cuzco - Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil; 2016. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/705>
10. Servicio Ecuatoriano de Normalización. Bloques de hormigón. Requisitos y métodos de ensayo. 11ª ed. [libro electrónico] Quito: INEN. Disponible en: <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fvipresa.com.ncontent%2Fuploads%2F2019%2F02%2Fnte_inen_3066.pdf&clen=823414&chunk=true> [Consultado el 21 de abril de 2022].
11. Perera S, Arulrajah A, Choy Wong Y, Horpibulsuk S, Maghool F. Utilización de mezclas de PET reciclado con desechos de demolición como materiales de construcción. S Direc [Internet]. 2019 [citado el 17 de junio de 2022];(14). ¡Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095006181931462X#!>. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2019.06.047>
12. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Determinación de la resistencia a la flexión del hormigón. (utilizando una viga simple con carga en los tercios) . [Internet]. 1ra ed. Quito; 2011 [citado el 16 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec>
13. Pelisser F, Klegues O, Gleize P, Ramos H. Propiedades mecánicas de las fibras de PET recicladas en hormigón [Internet]. 4ª ed. Criciúma; 2012 [citado el 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br> DOI: 10.1590/S1516-14392012005000088
14. Bamigboye G, Tarverdi K, Wali E, Bassey D, Jolayemi K. Efectos de diferentes sistemas de curado sobre la resistencia y durabilidad del hormigón modificado con PET reciclado. Gac Tec [Internet]. 2021 [citado el 17 de junio de 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12633-020-00898-0>. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12633-020-00898-0>
15. Normalización Española. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción. Inflamabilidad de los productos de construcción cuando se algunos a la acción directa de la llama. Parte 2: ensayo con una fuente de llama única. (ISO 11925-2:2010, IDT). 1ra ed. [libro electrónico] Quito: INEN. Disponible en: <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.normalizacion.gob.ec%2Fbuzon%2Fnormas%2Fnte_inen_iso_11925_2.pdf&chunk=true> [Consultado el 21 de abril 2022].
16. Organización Internacional de Normalización. Determinación de la resistencia al calor en estado estacionario y propiedades relacionadas - Primera edición del aparato de placa caliente blindada. (ISO 8302). 1ra ed. ISO. Disponible en: <https://www.iso.org/standard/15422.html>
17. Borbón A, Cabanillas R, Pérez J. Determinación Experimental y Contraste Numérico de la Resistencia Térmica de un Muro de Bloques de Concreto Hueco. 21ª edición. Baja California: Scielo. 2010. DOI: S0718-07642010000600017
18. De Paoli M, Spinacé M, Romão W. Poli(tereftalato de etileno), PET: uma revisão sobre os processos de síntese, mecanismos de degradação e sua reciclagem [Internet]. 2ª ed. 2009 [citado el 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br> DOI:10.1590/S0104-14282009000200009



19. Villar J, Cerna, L, Salvador B. Adición del Tereftalato de Polietileno (PET) en las propiedades físicas y mecánicas en un bloque de concreto, Trujillo, 2020. Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil; 2020. URI: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61794>
20. Lima J, Nogueira da Costa H, Cândido L, Bezerra A. Análise das propriedades físicas e mecânicas de blocos de concreto prensados sem função estrutural com incorporação de PET reciclado [Internet]. 1ra ed. Rio de Janeiro; 2022 [citado el 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br> DOI: 10.1590/s1517-707620190002.0672
21. Farias I, Loureiro O, O. C, Canedo L, de Carvalho L, de L. Silva S. Efeito de diferentes tipos de argilas e modificadores orgânicos na morfologia e propriedades térmicas dos nanocompósitos de PET. P Cien e Tecno [Internet]. 2011 [citado el 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br> DOI: 10.1590/S0104-14282011005000035
22. Mayorga D, Pérez J, Tapia I, Flores J, Miranda G, Sánchez A. Caracterización del Material Presente en la Mina de la Comunidad Sucre como Material Alternativo para la Fabricación de Bloques Tipo Ladrillo con Pet. P de Conoci [Internet]. 2022 [citado el 20 de abril de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es> DOI: 10.23857/pc.v7i2.3648
23. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Norma Ecuatoriana de la Construcción Eficiencia Energética. [Internet]. 1ra ed. Quito; 2018 [citado el 25 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-HS-EE-Final.pdf>
24. Novack K, Stellet C, Gomes A. Efeito compatibilizante de copolímeros contendo segmentos líquido-cristalinos em misturas com poli(tereftalato de etileno) e um poliéster líquido-cristalino termotrópico (TLCP) [Internet]. 4ª ed. 1999 [citado el 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br> DOI: 10.1590/S0104-14281999000400003
25. Nunes R, Sade W, Branco J. Atrito e desgaste de recubrimientos de PET, politeraftalato de etileno, pós-consumo procesados por aspersion térmica [Internet]. 3ra ed. M Gerais; 2022 [citado el 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.br> DOI: 10.1590/S0104-14282007000300015