

# Ladrillo de plástico comparado con el ladrillo tradicional

## Plastic brick compared to traditional brick

Néstor Rafael Perico Granados<sup>1</sup>  
María Alejandra Puerto Cristancho<sup>2</sup>  
Carlos Andrés Reyes Rodríguez<sup>3</sup>  
Luis Felipe Guzmán Serrano<sup>4</sup>  
Leidy Nataly Garzón Castro<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO, Medellín, Colombia. Email: <sup>1</sup>nestorrafaelpericogranados@gmail.com, <sup>2</sup>mariapuceri@hotmail.com, <sup>4</sup>lguzmanserr@uniminuto.edu.co, <sup>5</sup>lgarzoncas1@uniminuto.edu.co

<sup>2</sup>Fundación Universitaria Juan de Castellanos, Tunja, Colombia. Email: candresreyes@jdc.edu.co

 OPEN ACCESS



### Copyright:

©2022. La revista *Ingenierías USBMed* proporciona acceso abierto a todos sus contenidos bajo los términos de la licencia creative commons Atribución no comercial SinDerivar 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

**Tipo de artículo:** Investigación.

**Recibido:** 24-11-2020.

**Revisado:** 05-06-2021.

**Aprobado:** 15-12-2021.

**Doi:** 10.21500/20275846.5107

### Referenciar así:

N. R. Perico Granados, M. A. Puerto Cristancho, C. A. Reyes Rodríguez, L. F. Guzmán Serrano y L. N. Garzón Castro, "Ladrillo de plástico comparado con el ladrillo tradicional," *Ingenierías USBMed*, vol. 13, n.º 1, pp. 56-63, 2022.

### Disponibilidad de datos:

todos los datos relevantes están dentro del artículo, así como los archivos de soporte de información.

### Conflicto de intereses:

los autores han declarado que no hay conflicto de intereses.

**Editor:** Andrés Felipe Hernández.  
Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia.

**Resumen.** La contaminación del medio ambiente se ha convertido en una gran problemática, en una era donde la revolución industrial y el desarrollo tecnológico son predominantes y dominantes en la vida del ser humano, que lo ha llevado a un consumismo desmesurado. Problemática evidenciada en la industria del plástico, y que requiere buscar alternativas que permitan dar un nuevo uso a los plásticos descartados, retornándolos a la cadena productiva.

En este artículo se presentan resultados del proyecto que se desarrolló utilizando el polipropileno, procedente de tapas plásticas, en la elaboración de ladrillos de plástico, como material sostenible para la construcción de vivienda de interés social. Se comparó el comportamiento de estos especímenes con los ladrillos de arcilla convencional, con base en ensayos de laboratorio que permiten evidenciar un mejor comportamiento de los prototipos de plástico respecto a los ladrillos convencionales. Estos aspectos permiten ver la viabilidad del elemento con fines constructivos.

**Palabras Clave.** Ensayo; Laboratorio; Ladrillo; Plástico; Reciclaje; Vivienda sostenible.

**Abstract.** Environmental pollution has become a big problem, in an age where the industrial revolution and technological development are predominant and dominant in the life of the human being, which has led to excessive consumerism. Problem evidenced in the plastics industry, and that requires looking for alternatives that allow a new use of discarded plastics, returning them to the production chain.

This article presents results of the project that was developed using polypropylene, from plastic caps, in the production of plastic bricks, as a sustainable material for the construction of social housing. The behavior of these specimens was compared with conventional clay bricks, based on laboratory tests that allow evidence of a better behavior of the plastic prototypes compared to conventional bricks. These aspects allow us to see the viability of the element for construction purposes.

**Keywords.** Test; Laboratory; Brick; Plastic; Recycling; Sustainable Housing.

## I. Introducción

La producción a gran escala de materiales de fácil desecho y el consumismo desmesurado del ser humano, han llevado a transformar el desarrollo industrial en un gran productor de basura que contamina el medio ambiente. Así ponen en riesgo las reservas de los principales recursos naturales, ya que la disposición final, de muchos de esos materiales, terminan en las propias fuentes de los principales recursos para la vida en el planeta Tierra.

Pasada la segunda guerra mundial se idearon en Estados Unidos la producción de elementos de consumo para usarlos en corto tiempo, como obsolescencia programada. De esta manera, los objetos tienen una vida corta, en el sistema productivo, aspecto que el consumidor, en un menor tiempo, vuelve a comprar. Así la humanidad se sumerge en los desechos que a diario se generan. Entonces, se lleva a una crisis por la explotación y transformación de las materias primas, el uso en exceso de residuos y la disposición final de ellos [1].

El plástico es uno de estos materiales usado en los diferentes campos de las actividades humanas, con un gran protagonismo en la vida cotidiana. Con los plásticos de un solo uso, que son casi todos, se genera una producción desmesurada para la basura. Según Mark Peplow, el problema radica en que los polímeros están en todas partes. Cerca de un 86% de los envases plásticos se usa solo una vez antes de ser desechados, por lo que se convierten en corrientes de basura que va a vías fluviales, vertederos y ponen en riesgo la vida en la naturaleza [2].

Cabe resaltar que la gran mayoría de los plásticos destinados principalmente para envases y embalajes presentan una resistencia al ataque microbiano lo que los define como no biodegradables. Este aspecto hace aún más difícil la recolección y disposición final, origen de la problemática e impacto ambiental, por los grandes volúmenes de desechos [3].

Igualmente, cada año se producen más de 400 millones de toneladas de plástico en todo el mundo, de las cuales el 79% de los desechos generados se encuentra en vertederos o tirados en el ambiente, el 12% se incineran y tan sólo un 9% se recicla. Se destacan China como el país que más genera basura de embalajes plásticos y Estados Unidos el que más empaquetados de plástico per cápita desecha. Además de la alta producción, a las personas no les atrae el que se puedan poner los vertederos a una distancia cercana a sus sitios de habitación o de trabajo [4].

En Colombia, en el Informe elaborado por la Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública de la Facultad de Derecho de la Universidad de los Andes y Greenpeace Colombia, se indica que tan solo un 17% de todos los residuos sólidos incluyendo el plástico son reciclados. En Bogotá, la principal ciudad del país, se

gún información del 2017, se generan diariamente 6265 toneladas de las cuales el 56% corresponden a plásticos incluyendo los de un solo uso. Estas cifras muestran que más de la mitad de los residuos generados en Colombia pueden ser potencialmente reducibles, reusables e incluso reciclables. En el 2019 el consumo de este material plástico en Colombia se tasó en 1250000 ton/año, y para el 2018 cada colombiano genera aproximadamente 24 kg al año [5].

Las cifras son contundentes, de ahí la necesidad de ahondar más en el reciclaje de aquellos materiales que puedan ser transformados para darles un nuevo uso y reintegrarlos nuevamente en el proceso productivo. Así nace la idea principal del proyecto que se fundamenta en la reutilización del plástico (polipropileno) en el campo de acción de la construcción, mediante la elaboración y prueba de un prototipo semejante al ladrillo, pero producto de la fundición del plástico, a fin de comparar las propiedades de resistencia de esta pieza, respecto a las del mampuesto de arcilla tradicional. Se evidencia el comportamiento de dichas piezas en conjunto, que permitan establecer la viabilidad del uso de estos prototipos en la construcción de muros de viviendas de bajo costo, ajustándose más a la necesidad de población de recursos limitados.

## II. Antecedentes

En Colombia se han desarrollado algunos proyectos respecto al reciclaje del plástico para su incursión en la construcción de viviendas sostenibles y de bajo costo, que han llevado al desarrollo de propuestas de sistemas constructivos e incluso algunos han trascendido ya al campo de producción y comercialización de viviendas con estas características.

En el mundo existen varios proyectos que se ocupan de la producción de materiales elaborados con base en plástico. De esa manera se resuelven dos problemas importantes de la era contemporánea: la contaminación ambiental y el déficit de vivienda, especialmente para las personas de bajos recursos. Entonces, la elaboración de ladrillos plásticos se convierte en una alternativa importante para resolver estos dos problemas nacionales y mundiales.

En la construcción se hace con la interacción de vigas y bloques sin pegamento, que en conjunto ofrecen un buen comportamiento sísmico resistente y a prueba de fuego. La construcción de una vivienda con este sistema puede requerir cerca de 9 a 10 toneladas de plástico, 50% polietileno y 50% polipropileno. De esta manera se pueden construir cerca de 700000 a 800000 viviendas en el mundo. Con la propuesta de este sistema buscan ofrecer una alternativa de fabricación de elementos estructurales y no estructurales para la construcción futura que integra elementos livianos, modulares y resistentes [6].

De la misma manera, se han construido viviendas con base en plástico en otros países como en Chile. Sus componentes son livianos, con buena resistencia mecánica, a la vez que contribuye de forma sustancial en la descontaminación del ambiente. Los mampuestos son económicos y cuando se utilizan en construcción de forma organizada con comunidades se pueden disminuir mucho más los precios. En autoconstrucciones compuestas por mujeres facilita el proceso porque su peso es cerca de un tercio del ladrillo de arcilla convencional. Igualmente, disminuye el costo de transporte del plástico a los vertederos y evita la congestión de ellos con un incremento de la vida útil de los rellenos sanitarios [7].

Con base en las diferentes investigaciones se puede decir que existen opciones para construir ladrillos de plástico, más resistentes que los ladrillos de arcilla convencionales, con un menor peso y más baratos. Tienen en su composición los plásticos para evitar que lleguen a los vertederos y de esa forma se disminuye en impacto en el ambiente. Quedan por desarrollar otras investigaciones con otras opciones de utilización de los plásticos con diferentes fibras, pero en general es una excelente oportunidad para incluir mejoramientos en el ambiente y conducir en elevar la calidad de vida de las personas [8].

### III. Materiales y métodos

#### A. Diseño

Se hicieron los procesos con base en el método de proyectos que permite el trabajo disciplinar y la formación en competencias humanas [9], [10]. Al respecto, como procesos sociales y de contaminación producidos por el hombre se requiere que sea el mismo hombre quien debe buscar las soluciones a ese tipo de contaminación [11].

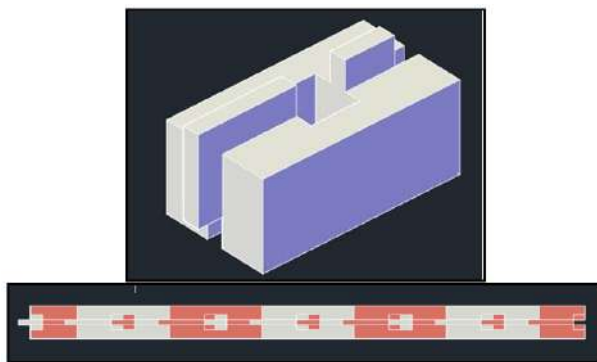


Figura 1. Primer diseño de ladrillo

En este sentido, el proyecto inició con la definición del diseño de los ladrillos, con base en las propuestas de los investigadores, a partir de ensayo y error con esquemas en 3D. Se buscó que cada elemento encajara entre el mampuesto adyacente para evitar la necesidad de usar pegamento (véase Figura 1). Sin embargo, al

reproducir estos elementos en el diseño de un muro, se presentó la limitación del modelo, dado que el orificio que quedaba en el centro de la configuración de los ladrillos no coincidía entre una y otra fila de los elementos. Entonces, no era posible su uso para permitir el paso de las instalaciones hidráulicas o eléctricas.

En ese sentido, el segundo diseño buscó proporcionar el espacio adecuado para el paso de las instalaciones tanto hidráulicas como eléctrica (véase Figura 2). De esa forma se hizo coincidir el espacio entre los diferentes mampuestos para que facilite los procesos constructivos de los muros.

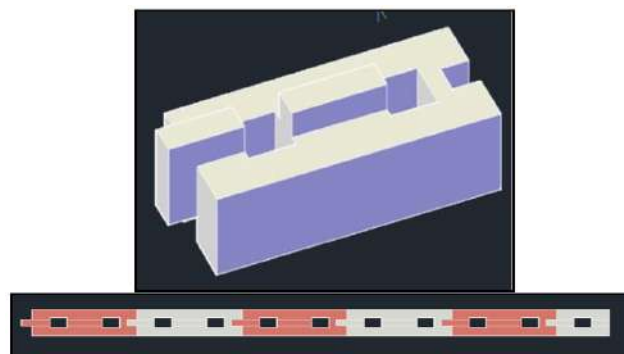


Figura 2. Segundo diseño de ladrillo

Con las nuevas ventajas obtenidas se observó el inconveniente del peso y su mayor volumen, con unas mayores dimensiones. Los datos obtenidos fueron: volumen de cada elemento de  $3000 \text{ cm}^3$  y la densidad del PP de  $0.882 \text{ g/cm}^3$ . Se obtiene una masa aproximada del ladrillo de 2.64 Kg, lo que lo hace prácticamente equivalente a un ladrillo de arcilla convencional, cuya masa es de aproximadamente 2.68 Kg.

De esta manera, con estos resultados el diseño no cumplió con las expectativas, ya que se buscaba un elemento mucho más liviano y versátil, lo que llevó a realizar un tercer diseño.

Este nuevo diseño tiene las dimensiones de un ladrillo convencional, más pequeño que el diseño anterior, en este caso consta de acoples machos en la parte superior y acoples hembra en la parte inferior del elemento, así como en sus costados frontal y posterior (véase Figura 3).

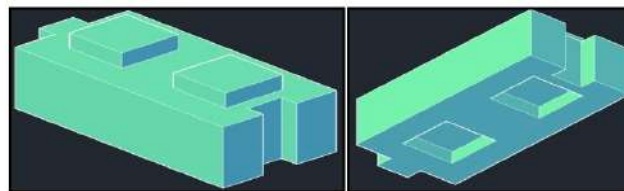
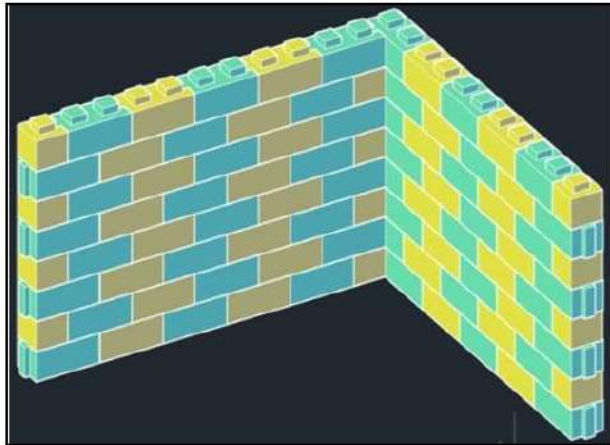


Figura 3. Tercer diseño de ladrillo

A pesar que el nuevo diseño no contempla el paso de las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas, el modelo es más práctico considerando la construcción de un muro, lo que permitiría un proceso más fácil de

ensamblaje, así como la unión entre muros de forma perpendicular (véase Figura 4).



**Figura 4.** Conexión muro perpendicular

En ese sentido, la masa de cada elemento es significativamente menor que la de un ladrillo de arcilla convencional. Este elemento, con un volumen aproximado de  $1200 \text{ cm}^3$  y una masa de 1.06 Kg, se convirtió en el diseño seleccionado para elaborar los prototipos físicos del ladrillo de plástico y someterlos a las diferentes pruebas físicas y de resistencia.

#### B. Elaboración prototipo físico

Se recolectaron tapas plásticas, considerando que para cada ladrillo era necesario tener aproximadamente 1200 g de éstas (véase Figura 5). Se lavaron con agua, jabón y un poco de cloro, para quitar cualquier tipo de impureza que pueda afectar el proceso de fundición del plástico y se separó el material para la elaboración del primer prototipo.

Para las pruebas de fundición, en primer lugar, se llevó a cabo el proceso de forma manual, con el uso de un molde metálico. Este molde se construyó con platinas cortadas con las medidas exactas del diseño seleccionado. Se utilizaron dos prensas para evitar pérdidas de plástico, una vez fundido y vertido en el molde. Se usó un fogón de leña para fundir el plástico, pero por las circunstancias no se hizo control de temperatura teniendo en cuenta que, con este proceso básico, la temperatura no es constante. Sin embargo, el calor es el apropiado para fundir el material, ya que el PP necesita más de  $160^\circ \text{C}$  para su fundición (véase Figura 5).

Con este proceso se elaboraron 6 intentos para la fundición de los ladrillos, sin embargo, no se lograron prototipos con las medidas establecidas. En algunos casos solo se obtuvo la mitad del ladrillo fundido, registrando pesos por debajo del inicialmente propuesto. Otros ladrillos no tomaron la forma especificada y en el intento en el que se usó un lubricante para el molde, denominado carnauba, se observó que este se adhirió al material, lo debilitó y presentó porosidad ese ladrillo.



**Figura 5.** Proceso manual de fundición

Finalmente, el problema que se presentó en todos los casos fue la ruptura del mampuesto al momento de retirarlo del molde. Con base en estos resultados se descartó el método de fundición manual para la elaboración de los prototipos definitivos seleccionados para ser sometidos a las pruebas de resistencia (véase Figura 6).



**Figura 6.** Ladrillos obtenidos del proceso de fundición manual

Por lo anterior, se tomó la decisión de elaborar los ladrillos con inyección a presión y evitar el vertido del plástico en el molde. Para este proceso se utilizó una máquina inyectora, la cual recibe el plástico molido de

las tapas en una tolva, con la ventaja que esta máquina permite tener la temperatura ideal y constante para este proceso ( $160^{\circ}\text{C}$ ). Al respecto, para este proceso al molde inicialmente utilizado se le hicieron algunas reformas, como la ubicación de varios tornillos ubicados estratégicamente para facilitar el retiro del prototipo.

El proceso de inyección del plástico en el molde duró en todos los casos cerca de 15 minutos. Posteriormente, el molde se sumerge en agua a temperatura ambiente durante 10 minutos para acelerar la solidificación del ladrillo. Se retira el molde de la pieza y se observa que a pesar que su textura no es homogénea, la pieza no presenta fisuras ni se fractura en el proceso (véase Figura 7).



**Figura 7.** Proceso de fundición por inyección

En comparación con el método inicialmente expuesto, los acoples no presentaron ningún tipo de falla. Además, al solidificarse la pieza, ésta no se cristaliza ni fisura al momento de retirar el molde, por lo que finalmente se obtienen los ladrillos para someterlos a los ensayos de laboratorio.

### C. Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio a los que se sometieron los ladrillos fueron el de compresión, flexión y la prueba a muro armado con ladrillos. Para comparar los resultados se hicieron las pruebas tanto a los ladrillos de plástico como a los ladrillos de arcilla convencional. Los ensayos se llevaron a cabo en el laboratorio de la Corporación Universitaria Minuto de Dios-UNIMINUTO, Centro Regional Girardot.

Los ensayos de compresión y flexión se repitieron, con otros dos pares de especímenes (plástico y arcilla), con el propósito de medir la absorción y la resistencia después de ser sumergidos 24 horas en agua. El ensayo de compresión se llevó a cabo con ladrillos de plástico con un peso aproximado de 699 g y convencionales de arcilla con aproximadamente 3115 g, en ambos casos con dimensiones de  $20\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 6\text{ cm}$ . En el ensayo de los especímenes sin sumergir, se obtuvo una resistencia a la compresión de 2.64 MPa para el ladrillo de plástico y de 2.05 MPa para el ladrillo convencional.

Con los especímenes que fueron sumergidos en agua por 24 horas, la resistencia a la compresión obtenida para el ladrillo de plástico fue de 6.44 MPa y para el ladrillo convencional de 5.46 MPa. Se evidencia en las dos condiciones un mejor comportamiento y mayor resistencia a la compresión en el ladrillo de plástico, ya que, si bien se deformó y fisuró, en comparación con el ladrillo convencional no se fraccionó en partes como si le ocurrió a este último (véase Figura 8).



**Figura 8.** Ensayo de compresión aplicado a los ladrillos de plástico y convencionales

En el caso del ensayo de flexión se utilizaron especímenes de las mismas dimensiones que en el ensayo anterior, con pesos entre 649 g y 699 g para los ladrillos de plástico y de 3115 g para el ladrillo convencional. Se obtuvo una resistencia a la flexión de 60.52 MPa para el ladrillo de plástico y de 37.18 MPa para el ladrillo convencional, en condiciones secas. En los especímenes, previamente sumergidos en agua, se obtuvo una resistencia a la flexión de 86.61 MPa en el de plástico y de 4.46 MPa en el convencional.

Con estos resultados es evidente que el ladrillo de plástico tiene un mejor comportamiento cuando es sometido a flexión, incluso que su misma resistencia a la compresión, ya que no presentó ninguna deformación significativa, ni fisuras ni fracturas. En cambio, en el ladrillo de arcilla se vieron fracturas como se aprecia en la Figura 9. Igualmente, la resistencia a la flexión disminuyó significativamente al ser sumergido en agua. El comportamiento del ladrillo de plástico fue muy diferente, cuya resistencia se incrementó.



**Figura 9.** Ensayo de flexión aplicado a los ladrillos de plástico y a los convencionales

En el mismo sentido, se hizo la prueba a los muros armados con ladrillos, tanto de plástico como convencionales, en ambos casos con dimensiones de 40 cm×20 cm×10 cm. Se observó en el muro de ladrillos de plástico, utilizando en este caso las piezas fundidas manualmente y las hechas mediante inyección, se obtuvo una resistencia a la flexión del conjunto de 16.68 MPa. Al respecto, solo se presentó falla en los ladrillos fundidos manualmente, los cuales se fracturaron considerando su condición cristalina, como resultado del mismo proceso de elaboración, pero no propiamente por el material en sí mismo (véase Figura 10). En el caso del muro de ladrillo de arcilla se obtuvo una resistencia a la flexión de 10.1MPa, menor que la del muro de plástico, con presencia de fracturas (véase Figura 11).



**Figura 10.** Ensayo de flexión aplicado a muro de ladrillos de plástico



**Figura 11.** Ensayo de flexión aplicado a muro de ladrillos de arcilla convencionales

#### IV. Análisis y discusión de resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia realizadas a los elementos elaborados con plástico y los de arcilla tradicionales, se puede observar que los ladrillos de plástico presentan un mejor comportamiento al ser sometidos a esfuerzos de compresión y esfuerzos de flexión en comparación con los mampuestos de arcilla tradicionales. En cuanto a la resistencia a la compresión obtenida para estos elementos superaron aproximadamente en un 20% la resistencia a la compresión del mampuesto de arcilla tradicional. En el mismo sentido, superan en más de un 60% la resistencia a la flexión de estos mampuestos. Los resultados son similares a otros proyectos de investigación en que se observa un excelente comportamiento de estos ladrillos [12], [13].

Este comportamiento se evidenció en las magnitudes obtenidas y en el cambio físico que se presentó en el momento de alcanzar el máximo esfuerzo de falla de cada elemento. Los especímenes de plástico inyectado asumieron las deformaciones al ser sometidos a los máximos esfuerzos sin alcanzar la rotura del elemento. En cambio, se observaron en los ladrillos tradicionales fracturas considerables al alcanzar el esfuerzo máximo en cada ensayo.

En el mismo sentido, el comportamiento que se refleja en los ensayos de flexión que se hicieron a los muros elaborados con especímenes de plástico fue similar. Se obtuvo una resistencia a la flexión mayor en un 65% que la resistencia obtenida para el muro de ladrillos de arcilla. En este sentido, se observa que comparado con ladrillos que reemplazan parcialmente los agregados por PET tienen un mejor desempeño los que se han encontrado en esa investigación [14]. Igualmente, es importante resaltar que el ladrillo de plástico es más ligero que el ladrillo convencional, a pesar de tener las mismas dimensiones, con la obtención de un espécimen con un peso que corresponde aproximadamente al 22% del peso de un ladrillo de arcilla convencional. Estos resultados, se forma similar son alentadores por el bajo

peso para las construcciones como se han encontrado en otras investigaciones [15].

## V. Conclusiones

Las propiedades del plástico utilizado para el desarrollo del proyecto, PP, permitieron un proceso de elaboración, con una temperatura controlable. Se obtuvieron especímenes livianos y de forma ajustable para su manipulación en los procesos de acople en la construcción de un muro. Entonces, estos mampuestos se pueden utilizar en la construcción en sitios que se quiera reducir la carga muerta.

Las características propias del plástico permiten que cada elemento tenga una mayor resistencia a la compresión y a la flexión. Esas características se incrementan, después de ser sumergidos en agua y asumen las deformaciones sin fracturarse.

Comparados con los ladrillos de arcilla se obtuvieron mejores desempeños tanto en el comportamiento individual como el conjunto de éstos en la conformación de un muro. Entonces, de la misma manera se evidencian las ventajas de los elementos de plástico por su resistencia para utilizarlos en procesos constructivos como mampuestos.

Es importante resaltar que para que los elementos no pierdan las propiedades antes mencionadas, se debe llevar a cabo un control en el proceso de producción de los mismos. Al respecto, se considera que se debe preferir el proceso de fundición por inyección, por las diferencias obtenidas frente al proceso de fundición manual, para evitar que los elementos se cristalicen y sean frágiles al impacto. Se recomienda el uso de un molde que evite la pérdida del material.

## VI. Trabajos futuros

Con las características de los prototipos elaborados, es importante continuar con su estudio respecto a los componentes adicionales que se deben considerar para hacerlos ignífugos. Igualmente, revisar las propiedades termo acústicas que en conjunto permitirían aportar a las viviendas que se puedan construir con este tipo de ladrillos, así como ahondar en las variaciones que puedan requerir para permitir el paso de Instalaciones de servicios de agua y/o energía.

En el mismo sentido, es importante verificar que la unión de cada elemento no permita el ingreso de agua o agentes externos a través de los muros. Adicionalmente, se debe establecer la diferencia entre las características que deben tener los ladrillos de plástico utilizados desde el punto de vista estructural, como de aquellos que se consideren para elementos no estructurales, teniendo en cuenta que hasta el momento no existe una normativa técnica aplicable a los ladrillos de plástico ni a los procesos constructivos con este tipo de especímenes.

Queda pendiente por desarrollar para un próximo futuro el proceso para establecer la cantidad de plástico que se puede reciclar y de esta manera girar hacia propósito del desarrollo humano, aspecto que se puede llevar a cabo sin necesidad de que exista un desbordado crecimiento económico. Al respecto, se requiere reorientar el rumbo del desarrollo de las personas dado que la economía es un subsistema del sistema global de la biosfera, que es un sistema finito, aspecto que hace que se requiere dimensionar el crecimiento a una escala humana, dado que el crecimiento permanente es un suicidio colectivo. Entonces es necesario hacer un viraje drástico en los procesos de desarrollo y comenzar con un desarrollo sustentable [16].

## Referencias

- [1] A. Leonard, *La historia de las cosas*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica, 2012, pp. 221–260.
- [2] M. Peplow, “The plastics revolution: how chemists are pushing polymers to new limits,” *Nature*, vol. 536, 2016, pp. 266–268. <https://doi.org/10.1038/536266a>.
- [3] O. E. Magariños *et al.*, “Estudio de morteros que contienen escamas de plástico procedente de residuos post-industriales,” *Materiales de construcción*, vol. 48, n.º 250, 1998, pp. 33–52.
- [4] J. Mosquera-Becerra, O. Gómez-Gutiérrez y F. Méndez-Paz, “Percepción del Impacto del Vertedero Final de Basuras en la Salud y en el Ambiente Físico y Social en Cali,” *Rev. salud pública*, vol. 11, n.º 4, pp. 549–558, 2009.
- [5] O. Ramírez Hernández, “Identificación de problemáticas ambientales en Colombia a partir de la percepción social de estudiantes universitarios localizados en diferentes zonas del país,” *Revista internacional de contaminación Ambiental*, vol. 31, n.º 3, México, ago. 2015.
- [6] Análisis de la implementación de ladrillos fabricados, a partir de plástico reciclado. Como material de construcción, Universidad Santo Tomás, Bogotá, 2018.
- [7] R. Gaggino, “Ladrillos y placas prefabricadas con plásticos reciclados aptos para la autoconstrucción,” *Revista Invi*, vol. 23, n.º 63, 2008.
- [8] A. Martínez Amariz y M. Cote Jimenez, “Diseño y fabricación de ladrillos reutilizando materiales a base de PET,” vol. 10, n.º 2, pp. 76–80, 2014.
- [9] N. Perico-Granados, J. Barrera-Acevedo, D. E. Albarracín y C. Perico-Martínez, “El método de proyectos en geotecnia vial caso balasto para la vía férrea Belencito – Paz del Río,” *Quaestiones Disputatae*, vol. 12, n.º 24, pp. 53–70, 2019.
- [10] N. Perico-Granados, E. Galarza, M. Díaz Ochoa, H. Arévalo-Algarra y N. Perico-Martínez, Guía práctica de investigación en ingeniería: apoyo a

- la formación de docentes y estudiantes, Bogotá: Corporación Universitaria Minuto de Dios. UNIMINUTO, 2020.
- [11] A. Baez-Hernandez. y C. A. H.-M. y C. Magdalys-Alibet, “Evaluación de sostenibilidad en proyectos de desarrollo,” *Ingenierías USBMed*, vol. 10, n.º 1, pp. 34–39, 2019.
- [12] A. Martínez Amariz y M. Cote Jimenez, “Diseño y fabricación de ladrillos reutilizando materiales a base de PET,” *Inge Cuc*, vol. 10, n.º 2, pp. 76–80, 2014.
- [13] J. Maure, M. Candanedo, J. Madrid, M. Bolo-bosky y N. Marín, “Fabricación de ladrillos a base de polímeros PET y virutas metálicas,” *Revista de Iniciación Científica*, vol. 4, n.º especial, mayo de 2018.
- [14] J. Infante-Alcalde y C. Valderrama-Ulloa, “Análisis técnico, económico y medioambiental de la fabricación de bloques de hormigón, con polietileno Teraftalato reciclado PET,” *Inf. tecnol.*, vol. 30, n.º 5 La Serena, oct. 2019.
- [15] D. Castillo Moncayo, Análisis de la implementación de ladrillos fabricados, a partir de plástico reciclado. Como material de construcción, Universidad Santo Tomás, Bogotá, 2018.
- [16] M. Max-Neff y F. Smith, La economía desenmascarada. Del poder y la codicia a la compasión y el bien común, Editorial Icaria, 2014.