



NUEVAS REALIDADES PARA LA EDUCACIÓN EN INGENIERÍA:
CURRÍCULO, TECNOLOGÍA, MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO

13 - 16
DE SEPTIEMBRE

2022

CARTAGENA DE INDIAS,
COLOMBIA



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

Icopor, resina y plástico para la preparación de mampuestos

Sara Lizeth Alzate Mosquera

**Pontificia Universidad Javeriana
Cali, Colombia**

Resumen

Con el paso del tiempo se han evidenciado los avances tecnológicos, así como la aplicación de nuevas tecnologías y la elaboración de prototipos innovadores en los cuales las lecciones aprendidas de aciertos y desaciertos marcan la pauta de la evolución. El crecimiento de la población genera exigencias para un mejor sostenimiento de los estilos de vida en las comunidades, no obstante, este aumento conlleva a un mayor consumo en productos de materia prima y, por consiguiente, se generan grandes cantidades de desechos en el sector, contaminación atmosférica, hídrica y del suelo, cambios de clima, situación exacerbada por las grandes industrias, el uso automotriz y las actividades de construcción. En Colombia el gran consumo de plástico aumenta con el transcurso del tiempo, de este modo, se evidencian cifras en crecimiento del 2019-2022. En este estudio se plantea una solución desde la óptica de la ingeniería civil, así pues, produciendo el prototipo del mampuesto.

Este primer modelo de mampuesto con magnitudes comerciales fue elaborado con materiales reciclables y materiales químicos. Para su construcción artesanal se empleó núcleo de icopor recubierto con trozos de papel periódico para ofrecer cumplimiento a los requisitos del mampuesto comercial. Se le insertó al icopor astillas de madera, se agregó una capa envases plásticos anteriormente lavados y cortados, y resina epóxica de alta efectividad como adhesivo. La resina proporciona a los residuos embebidos rigidez y seguridad. El peso del mampuesto producido fue de 1.414 kilogramo y una resistencia a flexo-tracción de 0,53MPa.

Palabras clave: construcción; mampuesto; reciclable; plástico

Abstract

Over time the technology made huge improvements, as well as the application of new technologies and the development of innovative prototypes in which the lessons learned from successes and failures set the tone for evolution. Population growth generates demands for a better maintenance of lifestyles in the communities, however, this increase leads to greater consumption of raw material products and, consequently, large amounts of waste are generated in the sector, air, water and soil pollution, climate changes, a situation exacerbated by large industries, automotive use and construction activities. In Colombia, the large consumption of plastic increases over time, thus, growth figures for 2019-2022 are evident. In this study, a solution is proposed from the perspective of civil engineering, thus, producing the prototype of the masonry.

This first masonry model with commercial magnitudes was made with recyclable materials and chemical materials. For its handmade construction, a Styrofoam core covered with pieces of newspaper was used to comply with the requirements of commercial masonry. Wood chips were inserted into the Styrofoam, a layer of previously washed and cut plastic containers was added, and highly effective epoxy resin as an adhesive. The resin provides the embedded residues with rigidity and security. The weight of the masonry produced was 1,414 kilograms and a flexo-traction resistance of 0.53 MPa.

Keywords: construction; masonry; recyclable; plastic

1. Introducción

En Colombia el uso de mampuestos, como por ejemplo aquellos macizos preparados con arcilla, según (Fontana Cabezas, 2011) son adecuados para construcciones en serie, poseen buen comportamiento acústico y térmico y económicos para uso masivo. Así mismo, las cualidades de resistencia, durabilidad, economía y velocidad constructiva que tienen las paredes de mampostería de ladrillo cerámico hueco son extremadamente eficientes, por consiguiente, también hace de este material una elección idónea para la obra en construcciones de escala pequeña.

Mediante la unión de mampuestos es posible la construcción de muros o límites de paramentos en los lugares donde se requieran (Cementos Cibao, 2018). Sin embargo, como los mampuestos aportan carga muerta, es clave que no se excedan los límites recomendados para ello y que se mantengan los valores de la densidad real (kg/m^3) que al multiplicarla por la aceleración de la gravedad (9.8 m/s^2) arroja el peso de la mampostería expresado en newton por metro cúbico (N/m^3) (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Por lo menos, según la Norma Sismo Resistente de Colombia NSR-10, no se debe exceder los pesos de los mampuestos como mínimo según la información de la (Tabla 1) (Serrano Guzmán, 2022).



Tabla 1 Mampuesto y sus densidades según NSR-10

Materiales	Densidad (kg/m ³)
Mampostería de concreto	2.150
Mampostería de ladrillo macizo	1.850
Mampostería de piedra	2.200

Fuente: (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). NSR-10 Título B Cargas, 2010)

Existe gran variedad de mampuestos pudiendo encontrarse piedras, chapas de concreto o bloques de concreto prefabricado, ladrillos y rocas regulares o irregulares (Cementos Cibao, 2018), plástico y otros materiales. Para fijar estos mampuestos hoy en día, los métodos que utilizan es la unión de concreto, argamasa, mortero y otras mezclas (Cementos Cibao, 2018) dependiendo del tipo de matriz usada en el elemento que se está uniendo.

Para el caso específico de Colombia, el título D de la Norma Sismos Resistente del 2010 establece los requisitos para el uso de mampuestos en Mampostería Estructural y señala las exigencias que deben cumplir quienes hagan uso de este sistema constructivo para los proyectos de vivienda. El objetivo de este proyecto es plantear una propuesta de un ladrillo (mampuesto) con materiales reciclables como el plástico y que sea resistente.

2. Colombia, más plástico que agua

Con respecto a los residuos de plástico, Colombia incrementa año tras año el uso de este material, "haciendo referencia a que la industria creció más de un 20% frente al año 2020 en su primer semestre" (Gutiérrez Núñez, 2021), buscando soluciones a la problemática, se conoce que el aprovechamiento de ese referente de botellas reutilizadas de polietileno de tereftalato o también conocido como (PET) hace parte del añadido fino en el concreto en porcentajes no mejores al 5% con esto posibilita buena resistencia a la compresión, tracción indirecta e idónea manejabilidad (Frigione M. (Junio de 2010), de este modo, se estaría dando una nueva vida útil a uno de los más grande contaminantes en el planeta. El plástico no es posible considerarlo como un producto biodegradable, ya que es uno de los materiales que más tarda a su descomposición, según la empresa metropolitana de aseo (EMASEO EP), se evidencia así un tiempo de descomposición entre 100 a 1000 años. Proporcionando propuestas a soluciones óptimas al problema planteado se procede a realizar la creación de un mampuesto con características idóneas para que este sea útil al momento de ser usado en construcciones livianas.

Como se mencionó en apartado anterior, la gran problemática ambiental en Colombia se origina principalmente por los altos índices de contaminación con residuos plásticos, datos establecidos a la fecha del año 2019 evidencia grandes cantidades de dicho contaminante donde su porcentaje del cual fue reciclado es un gran declive al momento, Silvia Gómez, directora de la ONG Greenpeace en Colombia "el panorama es aterrador porque los lugares más preciados en el país, como manglares, mares y ríos, sufren una contaminación por plástico inmensa (...)" "La solución



no solo está en reciclar sino en entender el origen del problema e invitar al ciudadano a dejar de consumir productos que no necesita y que sí contaminan" (Axioma B2B marketing, 2022). Colombia produce aproximadamente 24 kilos de desechos plásticos por persona, se estima una población aproximada de 51,6 millones de habitantes en el territorio nacional, se dice que en Colombia se genera 12 millones de toneladas de residuos sólidos al año (Axioma B2B marketing, 2022). Según Gómez, esta problemática no solo es de forma territorial, existe en todo el planeta y con el tiempo se esparce así mismo como una plaga en todos los rincones del globo terráqueo, por ende, se dice que el 10% de todo el plástico desechado en el planeta ingresa al mar y termina en sus profundidades causando masivas muertes en animales marítimos que son invadidos por la plaga sintética (Axioma B2B marketing, 2022).

3. Proceso de elaboración

Para la elaboración del mampuesto se emplearon materiales reciclables como envases plásticos, icopor, papel periódico y palillos.



Figura 1 papel periódico



Figura 2 Botellas plásticas



Figura 3 Resina epóxica

Inicialmente se preparan los materiales picando los envases plásticos y el papel periódico. Así mismo se crea el núcleo del mampuesto usando icopor y papel periódico. Una vez se obtienen las medidas se insertan palillos de madera que a manera de conectores posibilitan la absorción mínima de agua en el mampuesto. Finalmente se dispone el ladrillo en el molde y se incorporan capas de botellas plásticas y al mismo tiempo el adhesivo compuesto de resina epóxica (Figura 3) con catalizador obteniendo un resultado de secado más ligero de lo esperado (Figura 4).



Figura 4 Proceso de elaboración de ladrillo.

Modo de uso o implementación:

Se inicia formando un molde con las medidas requeridas para la creación del ladrillo, estas medidas corresponden a $6\text{cm} \times 12\text{cm} \times 24\text{cm}$. Posteriormente, se genera un núcleo en icopor el cual va a suplir un vacío y crear un producto liviano. Por otro lado, al ser el icopor un material impermeable, se requiere tener una absorción mínima en este ladrillo. Por esta razón se usa el papel periódico dándole un revestimiento al icopor con un aproximado de tres capas, con el mismo fin, se insertan palillos recubriendo el núcleo formado de icopor y papel periódico; sin embargo, se requiere hacer uso del adhesivo o cubierta del ladrillo, se procede a usar los envases debidamente cortados y se crea una primera base antes de ingresar el icopor. Se prosigue en añadir resina y esta actúa como pegamento y cubierta impermeable al contacto con cualquier líquido. La resina se caracteriza por su alta efectividad como adhesivo o pegamento, ya que proporciona a los objetos donde es aplicada, una mayor rigidez y estabilidad.

La mezcla en proporciones adecuadas de papel periódico, agua plásticos y materiales aligerantes permite la elaboración de un mampuesto y de éste se identificarán las medidas de sogá, tizón y grueso (Figura 5). Adicionalmente, el mampuesto se enfrenta a ensayo por flexo-tracción en la cara de tabla.

4. Resultados

La mezcla en proporciones adecuadas de papel periódico, agua plásticos y materiales aligerantes permitirá la elaboración de un mampuesto y de éste se identificarán las medidas de sogá, tizón y grueso (Figura 5). Adicionalmente, el mampuesto se enfrenta a ensayo por flexo-tracción en la cara de tabla.

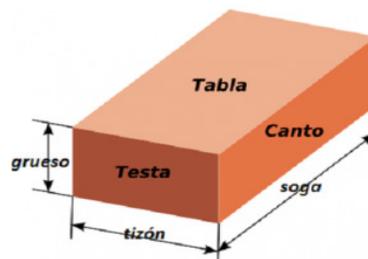


Figura 5 Identificación de superficies en ladrillo

Fuente: (Fernández Álvarez, 2014)

Durante esta fase del proyecto, se finalizaron los mampuestos. Se le da forma al mampuesto para luego ser llevado al laboratorio de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Posteriormente, se acondiciona la máquina para someter el ladrillo al ensayo de flexo-tracción (Figura 6).



Figura 6 Preparación de ensayo en laboratorio.

Previamente al ensayo se verifica la geometría del ladrillo tomando las dimensiones grueso, tizón y soga, se pesa el ladrillo y se toma el dato de la carga máxima aplicada (1100N) (Figura 6). Para la determinación de módulo de rotura o de resistencia de flexión (MR) se aplica la ecuación 1.

$$MR = \frac{3W\left(\frac{L}{2}-x\right)}{Bd^2} \text{ Ecuación 1}$$

En donde MR es el módulo de rotura(m), W es la carga máxima de rotura(m), L la distancia entre los soportes(m), B el ancho de la muestra en el plano de falla(m), d la profundidad de la muestra en el plano de falla(m), X la distancia promedio del plano de falla al centro de la pieza(m), medida en la dirección de la línea central de la superficie sometida a tensión (m).

Tabla 2 Información recolectada en laboratorio.

Mampuesto	Ancho/tizón (m)	Largo/soga (m)	Altura/grueso (m)	Masa (kg)	Luz (m)
	0.12	0.24	0.06	1.414	0.18
Promedio	0.12	0.24	0.06		
Datos del ensayo de rotura					
Carga Aplicada(N)	L(m)	B(m)	d(m)	X(m)	MR(Mpa)
1100	0.24	0.12	0.06	0.05	≈0,53472222
Datos del ensayo de rotura					
Volumen m ³ :					0,001728
Densidad kg/m ³ :					≈818,287037

$$MR = \frac{3(1100N)\left(\frac{0.24m}{2} - 0.05m\right)}{(0.12m)(0.06m)^2} = 534.722,222 P$$

$$MPa = \left(534.722,222 \frac{N}{m^2}\right) \frac{534.722,222}{10^6} \approx 0.53MPa$$

Los resultados muestran que el ladrillo compuesto de plástico y resina epóxica resistió 0.53MPa, valor que representa el 37.9% de los valores reportados en el estudio adelantado por (Guerrero Gómez, Espinel Blanco, & Sánchez Acevedo, 2017). Así mismo se observa que la densidad es 44.2% menos que la densidad de un ladrillo de arcilla.

Los costos de producción del ladrillo con plástico y resina epóxica se indican en la (Tabla 3). Puede observarse que este precio excede el valor unitario a base de arcilla a base de arcilla que se puede conseguir en comercio por 1.000 (COP). Sin embargo, una producción masiva de

este tipo de ladrillos reciclados, ajustes a la materia prima y mejoras en el proceso de producción, podría ser una solución competitiva.

Tabla 3 Análisis de Precios Unitario de preparación de ladrillo con resina.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Icopor	1/4	Lamina	\$8.000	\$2.000
Palos de madera	1	Global	\$600	\$600
Botellas plásticas	12	Global	-	\$2.000
Resina epóxica	1	Kilos	\$24.000	\$24.000
Papel periódico	1	Hojas	\$200	\$200
Molde	1	Global	\$3.500	\$3.500

Total: \$ 32.300

El uso de la resina posibilita el cumplimiento del alcance del objetivo de obtener un ladrillo con cuyas caras sean fuertes y al mismo tiempo durables, no obstante, las cualidades mecánicas del aglutinante resina no le permite alcanzar la resistencia esperada reportando una fractura entre la cara de canto y tabla (Figura 8).

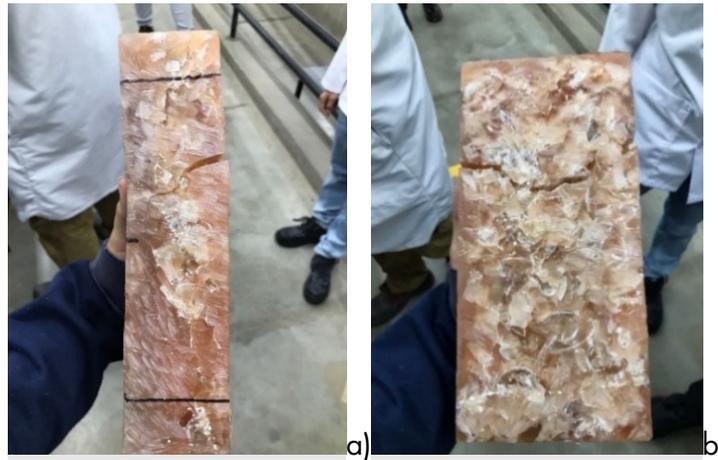


Figura 7 Flexo-tracción, a) falla en cara de canto, b) falla en cara de tabla.

5. Conclusiones

La producción de materiales alternativos para construcción se aproxima a un mundo más evolucionado, concientiza de la problemática ambiental existente y sus grandes repercusiones y promueve la búsqueda soluciones. Desde una mirada de la ingeniería civil, como un proyecto de fin de la asignatura Introducción a la Ingeniería Civil, se realiza la creación del mampuesto compuesto de plástico y resina. Aunque, el precio de los materiales para la producción de un mampuesto con resina excede el valor de un ladrillo en arcilla convencional, pueden destacarse los siguientes

aciertos: se logró exactitud en las medidas requeridas (6cm*12cm*24cm), una superficie plana y una densidad menor a la densidad de los ladrillos usados en Colombia. Lamentablemente su resistencia a flexo-tracción fue menor a la reportada para un ladrillo de arcilla convencional, lo que confirma que debe mejorarse la técnica de producción.

6. Agradecimientos

El programa del Semillero Gestión de Obras, de la dirección del Programa de Ingeniería Civil, la oficina de investigación de la Pontificia Universidad Javeriana de Cali ha sido fundamental para el desarrollo de este trabajo.

7. Referencias

- Álvarez, A. F. (03 de octubre de 2014). *Los muros y tabiques*. Obtenido de <https://alfreza9.wordpress.com/2014/10/03/los-muros-y-tabiques/>
- Axioma B2B marketing. (2022). *El Empaque + Conversión*. Recuperado el 2022, de <https://www.elempaque.com/temas/Colombia-se-podria-enfrentar-a-un-tsunami-plastico+128876#:~:text=Anualmente%20en%20Colombia%20se%20producen,y%20solo%20recicla%20el%2017%20%25.>
- Cementos Cibao. (2018). Los tipos de mampostería disponibles en una construcción. República Dominicana. Obtenido de <https://acortar.link/jPmiLN>
- Fernández Álvarez, A. (03 de octubre de 2014). *Los muros y tabiques*. Obtenido de <https://alfreza9.wordpress.com/2014/10/03/los-muros-y-tabiques/>
- Fontana Cabezas, J. J. (2011). Características geométricas, físicas y mecánicas de mampuestos cerámicos huecos fabricados en Uruguay. *Redalyc.org*, 206-240. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14518444008>
- Guerrero Gómez, G., Espinel Blanco, E., & Sánchez Acevedo, H. (Enero/marzo de 2017). Análisis de temperaturas durante la cocción de ladrillos macizos y sus propiedades finales. *Tecnura*, 21(51), 1-14. doi:<http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.1.a09>
- Gutiérrez Núñez, A. (17 de septiembre de 2021). La industria del plástico creció 22,2% frente a 2020 en el primer semestre. Colombia.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). NSR-10 Título B Cargas. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente. Bogotá: Comisión asesora Permanente para el régimen de construcciones sismo resistentes creada por la ley 400 de 1997. Obtenido de <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- Serrano Guzmán, M. (2022). Guía de aprendizaje para Proyecto Final Asignatura Introducción a la Ingeniería Civil. Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana Cali, proyecto diseñado por Ing. María Fernanda Serrano Guzmán. Obtenido de <https://acortar.link/J21gZq>



Sobre los autores

- **Sara Lizeth Alzate Mosquera**, Técnica en dibujo arquitectónico, Tecnólogo en desarrollo gráfico de proyectos de arquitectura e ingeniería, Estudiante de Ingeniería civil, integrante semillero Gestión de obras liderado por la Ing. María Fernanda Serrano Guzmán, en la Pontificia Universidad Javeriana Cali. Slam30@javerianacali.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2022 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

