

Development of ecological blocks for non-porting walls from plastic waste as a sustainable alternative in construction.

Daphnne Isbell Magdriel García Bandach¹; Gianella Sofia Mejia Marquina²;

Daniela Nicole Cuya Rodriguez³; Gustavo Adolfo Sánchez Contreras⁴

^{1,2,3} Universidad Privada del Norte, Perú, n00278527@upn.pe, n00296870@upn.pe,
n00266475@upn.pe, Gustavo.sanchez@upn.edu.pe

Abstract— This article presents an experimental proposal for the production of eco-friendly bricks made from plastic waste, specifically polyethylene terephthalate (PET) and polypropylene (PP), as a sustainable alternative to conventional construction materials. The main objective was to evaluate the technical and environmental feasibility of a small-scale prototype suitable for non-load-bearing enclosures and interior applications. Several tests were carried out using mixtures of PET, PP, sawdust, and synthetic glue, revealing limitations in cohesion and durability in the initial formulations. The optimal combination was achieved using only recycled plastics. The study demonstrates the potential for plastic waste valorization through simple processes, promoting circular economy principles and generating environmental, social, and economic benefits. This approach is replicable in urban contexts with high volumes of plastic waste and can be integrated into community initiatives or sustainable construction projects.

Keywords— Eco-friendly brick, plastic waste, PET, polypropylene (PP), circular economy, sustainable construction.

Elaboración de bloquetas ecológicas para muros no portantes a partir de residuos plásticos como alternativa sostenible en la construcción.

Daphnne Isbell Magdriel García Bandach¹; Gianella Sofia Mejía Marquina²
Daniela Nicole Cuya Rodriguez³; Gustavo Adolfo Sánchez Contreras⁴

^{1,2,3} Universidad Privada del Norte, Perú, n00278527@upn.pe, n00296870@upn.pe,
n00266475@upn.pe, Gustavo.sanchez@upn.edu.pe

Resumen– *Este artículo presenta una propuesta experimental para la elaboración de ladrillos ecológicos a partir de residuos plásticos, específicamente tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP), como alternativa sostenible frente a los materiales convencionales de construcción. El objetivo principal fue evaluar la viabilidad técnica y ambiental de un prototipo a pequeña escala, apto para cerramientos no portantes y aplicaciones interiores. Durante el proceso se realizaron diversos ensayos con mezclas de PET, PP, aserrín y cola sintética, observándose limitaciones en cohesión y durabilidad en las primeras formulaciones. La combinación óptima se logró utilizando exclusivamente plásticos reciclados. El estudio demuestra el potencial de valorización de residuos plásticos mediante procesos simples, promoviendo la economía circular y aportando beneficios ambientales, sociales y económicos. Este enfoque resulta replicable en contextos urbanos con alta generación de residuos y puede integrarse en iniciativas comunitarias o proyectos de construcción sostenible.*

Palabras claves– Ladrillo ecológico, residuos plásticos, PET, polipropileno (PP), economía circular, construcción sostenible.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento acelerado de las poblaciones y la expansión del sector industrial han generado una presión creciente sobre los recursos naturales, principalmente debido a su gestión inadecuada. Este escenario, a su vez, se ha visto intensificado por el aumento sostenido en la generación de residuos sólidos. En el Perú, se calcula que anualmente se generan en promedio 8,450,715 toneladas de residuos sólidos urbanos, de las cuales el 46% corresponde a residuos plásticos. Solo en Lima Metropolitana y Callao se generan aproximadamente 886 toneladas diarias de este tipo de material [1].

A esta problemática se suma el impacto ambiental asociado al uso de materiales convencionales en el sector de la construcción. Particularmente, la fabricación de ladrillos tradicionales requiere una alta demanda de arcilla, lo que conlleva la degradación de suelos y la generación de residuos no municipales, intensificando así la presión sobre los ecosistemas naturales.

Frente a este contexto, se planteó el desarrollo de un proyecto enfocado en la elaboración de ladrillos ecológicos a partir de residuos plásticos, específicamente tereftalato de polietileno (PET), proveniente del reciclaje de botellas, y

polipropileno (PP), obtenido como subproducto del proceso de fabricación de sorbetes. El producto final se propone como una alternativa sostenible, ligera y resistente frente a los ladrillos convencionales, con potencial de aplicación en cerramientos no portantes, tales como revestimientos decorativos o muros divisorios en interiores.

Este enfoque no solo contribuye a la reducción de la acumulación de plásticos en el medio ambiente, sino que también promueve la valorización de residuos dentro de un modelo de economía circular. Además, la iniciativa se encuentra alineada con diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), tales como salud y bienestar; industria, innovación e infraestructura; ciudades y comunidades sostenibles; producción y consumo responsables; y acción por el clima. De esta manera, el proyecto representa una propuesta integral con beneficios ambientales, sociales y económicos frente a los desafíos actuales de sostenibilidad [2].

A. Objetivo General.

Evaluar la viabilidad técnica y ambiental de la producción de ladrillos ecológicos a partir de residuos plásticos, específicamente el PET y el PP, aptos para cerramientos no portantes, como una estrategia de gestión sostenible de residuos sólidos y promoción de la economía circular.

B. Objetivos Específicos.

- Determinar el proceso productivo de elaboración de ladrillos ecológicos utilizando residuos de plásticos.
- Identificar los tipos de residuos plásticos más adecuados para la elaboración de ladrillos ecológicos no portantes, así como las tecnologías disponibles para su procesamiento eficiente.
- Diseñar y elaborar un prototipo de ladrillo ecológico a pequeña escala, utilizando residuos de PET y PP, evaluando su viabilidad técnica, cohesión del material y potencial de uso como revestimiento decorativo o en muros divisorios interiores.

II. JUSTIFICACIÓN DE LA IMPORTANCIA Y MANEJO DE LOS RESIDUOS

La creciente generación de residuos sólidos, impulsada por el acelerado desarrollo urbano e industrial, representa un desafío ambiental crítico. En el contexto peruano, la producción anual de residuos municipales supera los 8 millones de toneladas, con una significativa alta producción de desechos plásticos, particularmente en Lima Metropolitana y Callao. Este panorama demanda la implementación de estrategias sostenibles que contribuyan a disminuir la presión sobre los recursos naturales y mitigar los impactos derivados de una gestión inadecuada de los recursos.

Ante a esta situación, el Estado peruano ha desarrollado un marco normativo orientado a promover una gestión integral de residuos. La Constitución Política del Perú (1993), en su artículo 66, establece que los recursos naturales son patrimonio de la Nación, sentando las bases para su aprovechamiento sostenible. En esa misma línea, la Ley General de Residuos Sólidos (Ley N.º 27314, 2000) promueve el manejo selectivo de residuos, favoreciendo su valorización y disposición final bajo condiciones que minimicen los riesgos sanitarios y ambientales. Esta legislación se complementa con la Ley General de Salud (Ley N.º 26842, 1997), que establece la protección de la salud como un bien público, y la Ley N.º 28611 (2005), Ley General del Ambiente, la cual introduce principios rectores como la prevención, la responsabilidad compartida y el desarrollo sostenible.

Además, se han establecido normas específicas que fortalecen la cadena de valorización de residuos. Entre ellas, la Ley N.º 29419 (2010) regula la actividad de los recicladores, reconociendo su rol en el proceso de reaprovechamiento y fomentando su formalización e inclusión social. Por otro lado, la Ley N.º 30884 (2018) establece medidas para la reducción del plástico de un solo uso y el tecnopor, en respuesta a los impactos negativos de estos materiales sobre la salud y el medio ambiente. De igual manera, la Ley N.º 28256 (2017) regula las actividades relacionadas con la gestión de residuos peligrosos, mientras que la Ley N.º 26821 (2017) promueve un enfoque sostenible en la utilización de los recursos naturales.

En paralelo, la industria de la construcción contribuye significativamente a la degradación ambiental por el uso intensivo de materiales como la arcilla para fabricar ladrillos convencionales. Frente a este panorama, la reutilización de residuos plásticos como el PET y el PP para la elaboración de ladrillos ecológicos ofrece una alternativa técnica y ambientalmente viable.

Esta estrategia no solo disminuye la acumulación de plásticos en el entorno, sino que fomenta la economía circular al valorizar materiales descartados. Asimismo, se alinea con los ODS, promoviendo una gestión responsable de los residuos y aportando beneficios ambientales, sociales y económicos a corto y largo plazo.

III. INTEGRACIÓN DEL MODELO CIRCULAR EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS PLÁSTICO

La economía circular es un enfoque económico que tiene como objetivo minimizar el desperdicio y optimizar el uso de los recursos disponibles. A diferencia del sistema convencional, que sigue una secuencia lineal de extraer, fabricar, consumir y desechar, este modelo propone prácticas como la reutilización, la reparación, el reciclaje y el intercambio, con el fin de prolongar la vida útil de los productos y reducir el impacto ambiental.

Por ejemplo, una botella de plástico en economía tradicional:

Primero, se fabrica con petróleo. Luego, se usa una sola vez. Finalmente, se tira a la basura.

Esa misma botella en economía circular:

Primero, se fabrica con plástico reciclado. Despues de usarla, se recicla. Posteriormente, el plástico reciclado se usa para hacer otra botella o un nuevo producto (ropa, muebles, etc.). O mejor aún: se reemplaza por una botella reutilizable que dura años.

Generación de residuos plásticos en Lima–Callao

Se generan aproximadamente 231 167 toneladas de residuos plásticos al año, lo que equivale a unos 21 kg por persona al año. Además, el plástico representa el 9.5 % del total de residuos municipales.

Modelo circular: si se implementara un sistema de recolección y reciclaje eficaz que lograra recuperar y reciclar el 50 % de esos residuos plásticos:

$$231\,167 \text{ t} \times 50 \% = 115\,583 \text{ t recicladas al año}$$

Esto reduciría en la práctica el vertido de desechos y disminuiría en equivalente unas 115 583 toneladas de plástico que no requerirían extracción de materia prima ni incineración.

El modelo de economía circular en Lima y Callao puede:

- Reducir más de 128 000 toneladas de residuos anuales.
- Evitar 180 000 toneladas de CO₂e anuales.
- Ahorrar US \$6 millones en importaciones.
- Impulsar la sostenibilidad, el empleo local y la innovación verde.

Contribuciones Globales del Modelo Circular:

- Reducción de materias primas: +128 000 t evitadas (plástico + arcilla)
- Mitigación climática: -180 000 t CO₂e al año
- Impacto económico: Ahorro estimado de US \$6 millones
- Fomento del empleo y la economía local

La adopción del modelo de economía circular en la gestión de residuos plásticos ofrece una alternativa sostenible al sistema tradicional. Su implementación permitiría reducir significativamente la cantidad de residuos, las emisiones de CO₂ y el uso de materias primas, generando ahorros económicos y

promueve el empleo local. Este enfoque no solo mejora la gestión ambiental, sino que también fortalece el desarrollo sostenible de la región.

IV. SELECCIÓN DE MATERIALES

En el desarrollo del prototipo de ladrillo ecológico, se emplearon dos tipos de residuos plásticos con alta disponibilidad en entornos urbanos: el tereftalato de polietileno (PET) y el polipropileno (PP). El PET fue recolectado a partir del reciclaje de botellas plásticas post-consumo, mientras que el PP se obtuvo como merma del proceso industrial de fabricación de sorbetes.

Ambos materiales fueron seleccionados debido a su compatibilidad térmica, capacidad de fusión y buen comportamiento mecánico al ser mezclados en estado fundido. Estas propiedades permiten alcanzar una adecuada cohesión estructural una vez solidificados, haciéndolos aptos para la fabricación de elementos no importantes. Además, su

abundancia y bajo costo representan una oportunidad tangible de valorización en el marco de un modelo de economía circular.

La selección de estos materiales fue clave para definir la estrategia experimental del proyecto. A partir de esta base, se estableció una metodología de fabricación fundamentada en técnicas simples de transformación térmica, cuya secuencia se detalla en el siguiente apartado.

V. PROCESO DE FABRICACIÓN

Con el fin de determinar el proceso productivo óptimo para la elaboración de ladrillos ecológicos a partir de residuos plásticos, se diseñó una metodología experimental basada en el uso de materiales reciclados, específicamente PET y polipropileno (PP). Este procedimiento permitió el desarrollo de un prototipo mediante técnicas básicas de transformación térmica y moldeo. A continuación, se describen las etapas secuenciales del proceso, representadas en el siguiente diagrama.

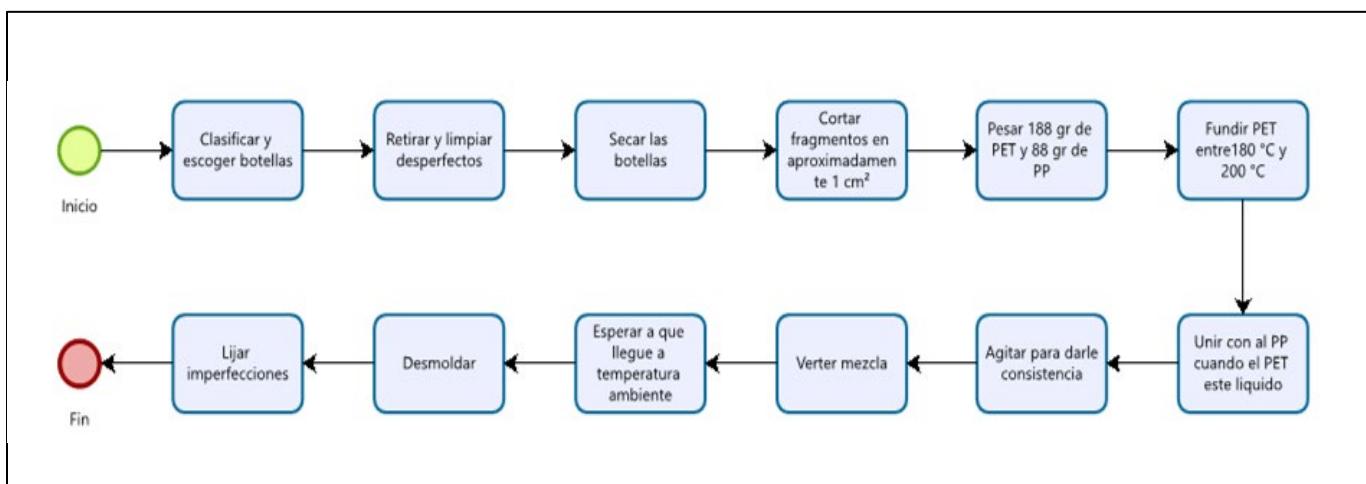


Fig 1. Diagrama de proceso de fabricación de ladrillos ecológicos

Nota. Se ilustran las etapas secuenciales empleadas en la elaboración del prototipo, desde la clasificación de materiales hasta el producto final.

A partir del siguiente procedimiento, se explican detalladamente cada una de las etapas desarrolladas durante la fabricación del ladrillo ecológico:

Etapa 1. Clasificación y limpieza del PET.

Se llevó a cabo la clasificación de las botellas plásticas por tamaño y color. Posteriormente, se retiraron las etiquetas y tapas, y se procedió al lavado con el objetivo de eliminar cualquier tipo de impureza o residuo adherido.

Etapa 2. Secado y corte.

Una vez limpias, las botellas fueron secadas completamente para eliminar toda humedad residual. Luego, se

cortaron en fragmentos de aproximadamente 1 cm², facilitando así su fusión uniforme durante el proceso térmico.



Fig 2. Secado de botellas manualmente.

Nota. Es fundamental realizar el secado ya que permite eliminar la humedad residual y evitar defectos durante la fusión del material plástico.



Fig 3. Cortado de Polietileno Tereftalato (PET).

Nota. El corte de fragmentos de polietileno tereftalato (PET) ayuda a que se realice una mejor fundición.

Etapa 3. Fundición y mezclado.

Finalizado el corte, se pesaron 188 gramos de PET y 88 gramos de PP. El PET fue fundido primero en una olla metálica, a una temperatura controlada entre 180 °C y 200 °C. Al alcanzar el estado líquido, se incorporó el PP. Durante esta fase, se agitó constantemente la mezcla para evitar su adherencia a la superficie del recipiente y garantizar una fusión homogénea de ambos polímeros.



Fig 4. Fundido del Polietileno Tereftalato (PET).

Nota. El control de la temperatura asegura la homogeneidad de la mezcla con polipropileno.

Etapa 4. Moldeado.

Con la mezcla en estado líquido y libre de grumos, se vertió cuidadosamente en un molde de silicona resistente a altas temperaturas. Este tipo de molde fue elegido por su facilidad para el desmoldeo posterior, lo que permitió mantener la integridad del producto.



Fig 5. Vertimiento de la mezcla al molde.

Nota. El molde térmico permite conservar la forma y facilitar el desmoldeo.

Etapa 5. Enfriamiento y acabado.

Tras alcanzar la temperatura ambiente, el ladrillo fue desmoldado. En caso de presentar irregularidades o imperfecciones en la superficie, se realizó un proceso de lijado para obtener un acabado uniforme y adecuado para su evaluación preliminar.

VI. EVOLUCIÓN DEL PROTOTIPO

Durante el proceso de diseño y fabricación del prototipo de ladrillo ecológico a pequeña escala, se realizaron distintos ensayos experimentales con el objetivo de encontrar la mejor combinación de materiales reciclados. Las pruebas se enfocaron en el uso de plásticos reutilizados, principalmente botellas de PET (tereftalato de polietileno) y envases de polipropileno (PP), junto con otros materiales inicialmente considerados, como aserrín y pegamento sintético (cola blanca de carpintería).

En los tres primeros intentos se utilizaron mezclas compuestas únicamente por PET, aserrín y cola sintética, con proporciones variables para observar su comportamiento después del moldeo y secado. Aunque algunas combinaciones lograron un nivel aceptable de dureza, presentaron baja cohesión entre los materiales, fragilidad estructural y una tendencia a desintegrarse una vez secos, lo cual reducía considerablemente su durabilidad.

En el cuarto ensayo se añadió polipropileno como refuerzo, manteniendo el aserrín y la cola. Esta mezcla mostró una mejora en la resistencia, pero durante el secado se produjo una separación visible de los materiales, especialmente entre el aserrín y la cola, afectando la uniformidad del ladrillo.

Finalmente, en el quinto intento se optó por eliminar el aserrín y la cola, utilizando solamente plásticos reciclados. Esta formulación final, compuesta por 188 gramos de PET (68 %) y 88 gramos de PP (32 %), dio como resultado un material más

uniforme, sólido y resistente, sin presentar problemas de separación ni descascaramiento tras el enfriamiento.

A continuación, se detalla en la Tabla 1 la composición utilizada en cada uno de los cinco ensayos:

Tabla 1. Composiciones experimentales del prototipo.

Nº de Int.	Composición
1º Intento	180 g de PET, 60 g de aserrín, 20 ml de cola.
2º Intento	80 g de PET, 20 g de aserrín, 40 ml de cola.
3º Intento	120 g de PET, 80 g de aserrín, 60 ml de cola.
4º Intento	100 g de PET, 80 g de PP, 40 g de aserrín, 50 ml de cola.
5º Intento	188 g de PET, 88 g de PP.

Nota. Se presentan las cinco formulaciones ensayadas, evidenciando que la combinación final de PET y PP ofreció mejores resultados de uniformidad y resistencia.

La Figura 6 permite observar la evolución del aspecto físico del ladrillo a lo largo de los distintos ensayos realizados. Se puede apreciar cómo las variaciones en la composición de los materiales influyen directamente en la apariencia y la calidad del producto final.



Figura 6. Evolución visual del prototipo de ladrillo ecológico.

Nota. Se observa la mejora progresiva en cohesión y resistencia del material al modificar la composición de la mezcla.

A partir de estos resultados, se confirma que el quinto intento representa la formulación más adecuada, destacando por su mayor estabilidad, uniformidad y resistencia. Esta versión final es especialmente recomendada para aplicaciones interiores que no requieren soportar cargas estructurales.

VII. APLICABILIDAD Y POTENCIAL DE USO

El prototipo de ladrillo ecológico desarrollado a partir de residuos plásticos, principalmente PET y PP, presenta un alto potencial de uso en el sector construcción, específicamente en

aplicaciones no estructurales. Debido a su bajo peso, buena cohesión del material y resistencia frente a factores ambientales moderados, este tipo de ladrillo es ideal para ser utilizado en muros divisorios interiores, revestimientos decorativos, módulos temporales, mobiliario urbano liviano y cerramientos no portantes.

Además, su fabricación contribuye activamente a la valorización de residuos plásticos, alineándose con los principios de la economía circular. Esta propuesta resulta especialmente pertinente en zonas urbanas con alto volumen de desechos plásticos, donde puede implementarse como una alternativa sostenible y económicamente accesible frente a los ladrillos tradicionales. Asimismo, su proceso de producción a pequeña escala puede ser replicado en comunidades locales o iniciativas de emprendimiento verde, generando oportunidades de empleo, concientización ambiental y reducción de la huella ecológica del sector construcción.

VIII. CONCLUSIONES

Hemos comprobado que la fabricación de ladrillos ecológicos a partir de residuos plásticos, como el tereftalato de polietileno (PET) y el polipropileno (PP), no solo es una alternativa viable y sostenible, sino también fácilmente replicable. Este enfoque es crucial porque nos permite atacar dos problemas importantes a la vez: la creciente acumulación de residuos sólidos urbanos y el impacto ambiental considerable que generan los materiales de construcción tradicionales, como la arcilla.

Nuestras pruebas experimentales fueron clave para validar que una mezcla de PET (68%) y PP (32%) ofrece una cohesión, resistencia y uniformidad muy superiores en comparación con otras formulaciones que incluían aserrín y cola sintética. Estas últimas, lamentablemente, resultaron en ladrillos estructuralmente frágiles y poco duraderos. Por lo tanto, esta combinación final se perfila como ideal para aplicaciones interiores no estructurales.

Este trabajo refuerza una idea fundamental, similar a lo que ocurre con la madera plástica: transformar los residuos plásticos en materiales de construcción útiles trae consigo beneficios ambientales y sociales significativos, alineándose directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Además, este proceso impulsa activamente la economía circular, fomentando el aprovechamiento de lo que antes era basura y creando oportunidades valiosas en las comunidades locales.

IX. RECOMENDACIONES

A partir de nuestra experiencia, sugerimos algunas prácticas clave para quienes deseen replicar este proceso:

- Al momento de verter la mezcla plástica fundida en los moldes, la mejor técnica es empezar por un extremo y avanzar de manera progresiva hacia el otro. Evita verter el material directamente en el centro, ya que esto ayuda a

conseguir una distribución más uniforme y a prevenir la formación de burbujas o vacíos internos en los ladrillos.

- Es fundamental realizar la fundición y el mezclado de los plásticos reciclados en espacios que estén muy bien ventilados o, idealmente, al aire libre. Durante este proceso, se liberan gases y olores que pueden ser perjudiciales para la salud. Por ello, es indispensable que los operarios utilicen el equipo de protección personal (EPP) adecuado para garantizar su seguridad en todo momento.
- Para asegurar la calidad y la integridad de los ladrillos, utiliza moldes que sean resistentes a altas temperaturas, como los de silicona térmica. Esto evitará deformaciones y ayudará a que el producto final mantenga su forma durante el proceso de enfriamiento.
- Creemos que replicar este tipo de iniciativas en comunidades urbanas con alta generación de residuos plásticos tiene un enorme potencial. Su implementación no solo puede generar empleo local, sino también promover activamente el reciclaje y reducir la presión sobre los vertederos municipales, que suelen estar desbordados.
- Finalmente, es crucial que se continúen realizando estudios de resistencia mecánica, durabilidad y comportamiento térmico de estos ladrillos ecológicos, pero ya a una escala mayor. Esto nos permitirá validar completamente su potencial para ser utilizados en nuevos tipos de edificaciones o infraestructuras ligeras en el futuro.

REFERENCIAS

- [1] Más de 148 500 toneladas de residuos sólidos municipales son valorizados en el país. (2024). [Www.gob.pe](https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/955458-mas-de-148-500-toneladas-de-residuos-solidos-municipales-son-valorizados-en-el-pais)
- [2] ONU. (2015). Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>