



PRISMA ODS
REVISTA MULTIDISCIPLINARIA
SOBRE DESARROLLO SOSTENIBLE
ISSN: 3072-8452

RECICLAJE DEL CAUCHO Y SUS BENEFICIOS

*RUBBER RECYCLING
AND ITS BENEFITS*

AUTORES

J. VILLANUEVA
CRUZ
UNIVERSIDAD
INTERAMERICANA
MÉXICO

A.F CERÓN
HERNANDEZ
UNIVERSIDAD
INTERAMERICANA
MÉXICO

J.C GONZÁLEZ
CHEDRAUI
UNIVERSIDAD
INTERAMERICANA
MÉXICO

S MARAVILLA
FERNÁNDEZ
UNIVERSIDAD
INTERAMERICANA
MÉXICO

DIEGO HERNAN
CUATEGOMEZ
INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR PROGRESO
MÉXICO

Reciclaje del Caucho y sus Beneficios

Rubber Recycling and Its Benefits

J. Villanueva Cruz

julianvcruz06@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-8256-445X>

Universidad Interamericana

Puebla – México

A.F Cerón Hernandez

a000007195@lainter.edu.mx

Universidad Interamericana

Puebla – México

J.C González Chedraui

juancapuerto2020@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-9917-8217>

Universidad Interamericana

Puebla – México

S. Maravilla Fernández

saraimaravilla260@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0003-6735-0099>

Universidad Interamericana

Puebla – México

Diego Hernan Cuate Gomez

dhcg.inv@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1741-0009>

Instituto Tecnológico Superior Progreso

Yucatán – México

Artículo recibido: 07/02/2026

Aceptado para publicación: 22/03/2026

Conflictos de Intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

La presente investigación analiza el impacto ambiental y económico del reciclaje de llantas fuera de uso y evalúa la viabilidad del caucho triturado como alternativa sostenible para la elaboración de materiales de construcción no estructurales. El estudio surge ante el creciente problema que representan los neumáticos desechados, los cuales pueden tardar más de 500 años en degradarse y generar riesgos como incendios, contaminación del suelo y proliferación de fauna nociva. Para abordar esta problemática, se diseñaron mezclas de cemento con diferentes proporciones de caucho reciclado, aplicadas en la fabricación de bloques y macetas, así como en la reparación de baches dentro de un fraccionamiento. El método incluyó la recolección, trituración y clasificación del material, junto con pruebas de desempeño orientadas a evaluar resistencia, funcionalidad y estabilidad. Los resultados mostraron que las mezclas con caucho presentan un comportamiento adecuado para usos no estructurales, ofreciendo elementos más ligeros y con propiedades útiles para entornos urbanos. Además, se comprobó su efectividad en la reparación de baches, demostrando potencial para aplicaciones comunitarias y de infraestructura local. Estos hallazgos evidencian que el aprovechamiento del caucho reciclado puede reducir la acumulación de llantas, impulsar la economía circular y contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con producción responsable, acción climática y protección de ecosistemas. El proyecto confirma que transformar un residuo problemático en un recurso útil es una estrategia viable para promover prácticas sustentables y mejorar el entorno urbano.

Palabras clave: reciclaje de caucho, impacto ambiental, economía circular, reutilización de residuos, materiales ecológicos

ABSTRACT

The present research analyzes the environmental and economic impact of recycling end-of-life tires and evaluates the viability of shredded rubber as a sustainable alternative for the production of non-structural construction materials. The study arises in response to the growing problem posed by discarded tires, which can take more than 500 years to degrade and generate risks such as fires, soil contamination, and proliferation of harmful fauna. To address this issue, cement mixtures with different proportions of recycled rubber were designed and applied in the manufacturing of blocks and planters, as well as in the repair of potholes within a residential development. The method included the collection, shredding, and classification of the material, along with performance tests aimed at evaluating resistance, functionality, and stability. The results showed that mixtures with rubber exhibit adequate behavior for non-structural uses, offering lighter elements with useful properties for urban environments. Additionally, their effectiveness in pothole repair was verified, demonstrating potential for community and local infrastructure applications. These findings demonstrate that the utilization of recycled rubber can reduce tire accumulation, promote the circular economy, and contribute to the fulfillment of Sustainable Development Goals related to responsible production, climate action, and ecosystem protection. The project confirms that transforming a problematic waste into a useful resource is a viable strategy to promote sustainable practices and improve the urban environment.

Keywords: rubber recycling, environmental impact, circular economy, waste reuse, ecological materials

INTRODUCCIÓN

El problema de las llantas fuera de uso tiene antecedentes que se remontan al surgimiento de la industria automotriz a inicios del siglo XX. Con la producción masiva de vehículos impulsada por Henry Ford en 1908, también aumentó de manera acelerada la fabricación de neumáticos, creando por primera vez una acumulación notable de llantas desechadas. Para la década de 1960, varios países industrializados comenzaron a identificar tiraderos clandestinos que acumulaban miles de neumáticos, los cuales representaban un riesgo creciente debido a incendios difíciles de controlar y a la liberación de sustancias tóxicas (Siddique & Naik, 2004). Uno de los casos más emblemáticos ocurrió en 1983 en Virginia, Estados Unidos, donde un incendio en un depósito con más de 7 millones de llantas ardió durante nueve meses, liberando químicos nocivos y contaminando el suelo y cuerpos de agua circundantes (UNEP, 2013). Este tipo de eventos marcó el inicio de las primeras políticas de manejo especial para neumáticos, aunque su aplicación fue desigual.

En Europa, durante los años noventa, países como Alemania, Suecia y Dinamarca adoptaron regulaciones más estrictas que prohibían la disposición de llantas en rellenos sanitarios y promovían el reciclaje mecánico y energético (Shu & Huang, 2014). La Unión Europea reconoció formalmente los neumáticos como un residuo prioritario, impulsando directrices orientadas a la valorización del caucho y a la creación de mercados para productos derivados, como asfaltos modificados y superficies deportivas (Yildirim, 2007). Paralelamente, estudios internacionales comenzaron a revelar que las partículas generadas por el desgaste de las llantas durante su uso podían transportarse a ríos, océanos y ecosistemas costeros, convirtiéndose en una fuente significativa de micro plásticos (Balabanic et al., 2021). Esta evidencia amplió la comprensión del problema, ya que demostraba que el impacto ambiental de los neumáticos no solo ocurría al final de su vida útil, sino también desde el momento en que los vehículos circulaban.

En países de Asia, el crecimiento industrial acelerado también generó retos importantes. China e India experimentaron un aumento considerable en la generación de neumáticos desechados durante las décadas recientes. Como respuesta, ambos países desarrollaron programas de reciclaje que incluyen trituración, pirólisis y reutilización en pavimentos, aunque persisten desafíos en la gestión segura de estos procesos debido a la complejidad química del caucho (Adhikari et al., 2000; Wang et al., 2017). Este panorama global muestra que el problema de las llantas fuera de uso es transversal, afecta a países con distintos niveles de desarrollo y requiere estrategias locales e internacionales para mitigarlo.

El manejo inadecuado de las llantas fuera de uso se ha convertido en uno de los problemas ambientales más persistentes en el mundo contemporáneo. Cada año se generan más de mil millones de neumáticos desechados, resultado del crecimiento vehicular, la industrialización y la movilidad urbana (UNEP, 2013). Debido a su composición de caucho, fibras, acero y aditivos químicos, estos residuos son altamente resistentes y difíciles de degradar, lo que provoca su acumulación en basureros, tiraderos clandestinos y espacios no regulados. Investigaciones en ingeniería ambiental señalan que la durabilidad extrema del caucho dificulta su reincorporación natural al ambiente, generando impactos prolongados (Shu & Huang, 2014; Thomas & Gupta, 2016). En México, la situación refleja una problemática crítica: se desechan alrededor de 30 a 32 millones de llantas cada año, de las cuales solo el 10% es reciclado o reincorporado en nuevos procesos productivos (IMER Noticias, 2023). Esta cifra evidencia la falta de infraestructura adecuada y la carencia de programas de manejo integral en distintos municipios.

Además de su persistencia en el ambiente, las llantas representan un riesgo sanitario al convertirse en depósitos de agua que facilitan la reproducción de mosquitos transmisores de enfermedades como dengue, zika y chikungunya. También generan contaminación atmosférica cuando son quemadas de manera informal, liberando partículas tóxicas, hidrocarburos aromáticos policíclicos y metales pesados (BlueWire, 2025). Desde una perspectiva económica, su incorrecta disposición implica gastos elevados para los gobiernos locales, quienes deben destinar recursos a su recolección y remediación ambiental.

Ante estos desafíos, los mecanismos de aprovechamiento del caucho han cobrado relevancia en el marco de la economía circular. Diversos países han demostrado que es posible reutilizar este material para fabricar asfaltos modificados, superficies deportivas, productos industriales y materiales de construcción (Li et al., 2020; Senastera et al., 2018). Investigaciones recientes han mostrado que incorporar caucho reciclado puede mejorar ciertas propiedades mecánicas, acústicas y de resistencia al impacto en diversos materiales (Paje et al., 2010; Guo et al., 2017). Sin embargo, en México el avance ha sido lento y todavía predomina el abandono de llantas en espacios informales. Esto hace evidente la necesidad de impulsar soluciones accesibles, locales y sostenibles.

El presente proyecto surge desde una perspectiva comunitaria y educativa, con el objetivo de explorar alternativas viables de reciclaje mediante la elaboración de bloques, macetas y materiales para reparar baches utilizando caucho triturado. A través de un proceso práctico y de bajo costo, se busca demostrar que residuos considerados problemáticos pueden transformarse en recursos útiles, contribuyendo al mismo tiempo a la reducción de la

contaminación y al fortalecimiento de la conciencia ambiental. Este enfoque se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, particularmente aquellos relacionados con la producción responsable, la acción por el clima y la protección de los ecosistemas terrestres (Naciones Unidas, 2018).

El problema del manejo inadecuado de llantas fuera de uso no es reciente; por el contrario, se ha documentado desde finales del siglo XX como una de las fuentes de contaminación más persistentes debido a su lenta degradación y su composición altamente resistente (Adhikari et al., 2000). Diversos países comenzaron a regular su disposición a partir de los años noventa, implementando políticas de gestión integral de residuos y fomentando programas de reciclaje, aunque con resultados variables (Shu & Huang, 2014). En México, los primeros esfuerzos formales surgieron a principios de los años 2000, cuando se reconoció que la acumulación de llantas en tiraderos clandestinos representaba riesgos significativos de incendios, proliferación de vectores y contaminación del suelo. A pesar de estas iniciativas, la falta de infraestructura y estrategias sistemáticas ha limitado el avance del reciclaje.

A lo largo de la última década, organizaciones internacionales como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) han advertido sobre la necesidad de adoptar nuevos modelos de aprovechamiento del caucho, impulsados por la economía circular. La literatura científica coincide en que, aunque existen marcos de referencia para el manejo adecuado de neumáticos en desuso, aún se requiere promover soluciones accesibles y replicables que respondan a las necesidades locales, especialmente en comunidades donde la acumulación de llantas se ha normalizado (Wang et al., 2017; Thomas & Gupta, 2016). El manejo inadecuado de las llantas en desuso constituye uno de los problemas ambientales más relevantes a nivel mundial. Cada año, más de mil millones de neumáticos llegan al final de su vida útil (UNEP, 2013; BlueWire, 2025), lo que genera una acumulación creciente de residuos altamente contaminantes. En el caso de México, se estima que se desechan entre 30 y 32 millones de llantas anualmente, de las cuales únicamente el 10% se recicla (IMER Noticias, 2023). Esta situación provoca impactos negativos en el suelo, el agua y el aire, además de favorecer la proliferación de fauna nociva.

Con base en esta problemática, se desarrolló un proyecto orientado a transformar un residuo de difícil degradación en un material útil para la elaboración de productos con valor práctico. El objetivo principal fue evaluar la viabilidad del caucho reciclado como componente de mezclas de construcción, analizando su resistencia, densidad y

comportamiento general. Asimismo, se buscó fomentar la conciencia ambiental a través de la aplicación directa en un contexto comunitario.

METODOLOGÍA

Materiales

Cemento blanco, material en polvo compuesto principalmente por clinker, yeso y minerales finamente molidos de la marca Cemex siendo el bulto contando con un peso de 25 kilogramos. Se emplea como aglutinante en procesos de construcción y fabricación de piezas moldeadas. Al mezclarse con agua, inicia un proceso de hidratación que permite su endurecimiento progresivo, otorgando solidez, cohesión y durabilidad a los productos elaborados. Su tonalidad clara facilita observar la uniformidad de mezclas y la integración de agregados no convencionales como el caucho triturado.

Martillo de carpintero, herramienta manual utilizada principalmente en trabajos de carpintería. Está fabricada generalmente en acero y madera o acero y fibra. Posee una cabeza con una superficie plana para golpear y una uña en el extremo opuesto para extraer clavos. Se emplea para ensamblar piezas, clavar, desclavar y ajustar elementos de madera.

Cíncel, herramienta manual de corte fabricada generalmente en acero templado. Posee un filo en uno de sus extremos y se utiliza junto con un martillo para tallar, cortar o dar forma a materiales como madera, piedra o metal.

Llanta, estructura circular, normalmente metálica o de aleación, sobre la que se monta el neumático de un vehículo. Proporciona soporte, estabilidad y permite la fijación del neumático al eje.

Caucho triturado, material derivado del reciclaje de llantas fuera de uso. Se obtiene mediante corte y reducción manual hasta alcanzar fragmentos pequeños. Su inclusión mejora la elasticidad de la mezcla, reduce el peso final de las piezas y aporta capacidad de absorción de impactos. Además, representa una alternativa sustentable al reutilizar residuos difíciles de degradar.

Agua, recurso esencial que actúa como agente de hidratación del cemento. Permite iniciar las reacciones químicas necesarias para el fraguado, otorgando manejabilidad inicial y resistencia final al material.

Moldes domésticos, recipientes reutilizados elaborados en plástico rígido. Se emplean para dar forma a bloques, macetas y muestras experimentales.

Elaboración

El proceso de producción diseñado para este proyecto tuvo como objetivo principal transformar materiales de desecho, particularmente el caucho proveniente de llantas fuera de uso, en productos útiles mediante una serie de etapas controladas que garantizaran consistencia, calidad y seguridad. Cada fase fue planificada siguiendo criterios de accesibilidad, replicabilidad y sencillez, de modo que cualquier persona, comunidad o institución educativa pudiera reproducir el procedimiento sin necesidad de maquinaria especializada. A continuación, se presenta la versión ampliada del proceso, explicando con detalle cada una de sus etapas y la razón de ser de cada decisión tomada durante su ejecución.

La primera etapa consistió en reunir los materiales y herramientas necesarias, asegurando que todos los insumos estuvieran en condiciones óptimas para su uso. El cemento blanco y la arena fina fueron almacenados en recipientes secos, protegidos de la humedad ambiental. Esta prevención evitó la formación de grumos que pudieran afectar la homogeneidad de la mezcla. Por otro lado, el caucho reciclado requirió una preparación más minuciosa. Las llantas recolectadas fueron inspeccionadas visualmente para identificar posibles contaminantes, como fragmentos metálicos, residuos orgánicos o piedras que pudieran interferir en la mezcla.

Posteriormente, el caucho fue cortado y triturado manualmente hasta obtener partículas pequeñas, con un tamaño promedio de entre 2 y 8 milímetros. Esta medida no fue seleccionada al azar: fragmentos demasiado grandes podrían impedir la unión adecuada entre cemento y agregados, mientras que partículas excesivamente finas podrían alterar el comportamiento del fraguado. Al finalizar este proceso, los fragmentos fueron lavados con abundante agua para eliminar polvo y suciedad acumulada, y posteriormente se dejaron secar al aire libre.

Antes de iniciar la mezcla, se realizó el acondicionamiento de los moldes. Para este proyecto se utilizaron moldes domésticos principalmente toppers de plástico debido a su accesibilidad, disponibilidad y facilidad de limpieza. Cada molde fue lavado para eliminar restos de polvo o grasa y, posteriormente, se aplicó una fina capa de aceite vegetal en sus paredes internas. Este paso facilitó enormemente el desmolde posterior, evitando que el material endurecido se adhiriera al molde y se fracturara durante la extracción. Además, permitió obtener superficies más limpias y definidas en los productos finales.

Una vez que los moldes estuvieron listos, se procedió a combinar los materiales secos.

En un recipiente amplio, se colocaron las proporciones previamente determinadas de cemento blanco, arena fina y caucho triturado. La proporción general utilizada fue 30 %

cemento, 30 % arena y 40 % caucho, aunque durante los ensayos experimentales se variaron estas cantidades para estudiar el comportamiento del material con diferentes porcentajes de caucho.

La mezcla de los materiales secos se realizó manualmente utilizando palas, cucharones y herramientas básicas. Este proceso es fundamental para asegurar que el caucho se distribuya de manera uniforme y no se concentre en un solo punto de la mezcla. Una distribución homogénea garantiza productos finales más resistentes, con menor porosidad y con mejores propiedades estructurales dentro de su categoría de uso.

La adición del agua constituye un momento clave dentro del proceso, ya que determina la consistencia final de la mezcla y el éxito del fraguado. El agua fue añadida de manera gradual, mientras la mezcla era agitada constantemente. Este procedimiento permitió observar con precisión cuándo los materiales alcanzaban una consistencia plástica y manejable, apta para el llenado de moldes.

Una mezcla demasiado líquida podría provocar segregación, reduciendo la resistencia del material debido a la formación de vacíos. Por el contrario, una mezcla demasiado seca dificultaría el moldeado y generaría superficies irregulares. El equilibrio entre estos extremos se logró añadiendo pequeñas cantidades de agua y evaluando constantemente su comportamiento hasta obtener una textura uniforme.

Con la mezcla lista, se procedió al llenado de los moldes. Este paso se realizó en capas sucesivas. Cada capa fue compactada manualmente mediante una espátula o herramienta similar, con el fin de eliminar burbujas de aire y asegurar que la mezcla ocupara completamente cada rincón del molde. Una compactación adecuada incrementa la densidad del producto, mejora su resistencia y reduce la probabilidad de fisuras durante el proceso de secado.

Al finalizar el llenado, la superficie superior fue alisada cuidadosamente para proporcionar un acabado más uniforme. Este detalle no solo embellece el producto final, sino que contribuye a la estabilidad estructural del bloque o maceta producida.

Después del moldeado, los productos fueron colocados en un área seca, ventilada y protegida de la luz solar directa. Esta etapa corresponde al fraguado inicial, donde la mezcla comienza a endurecer, alcanzando una resistencia básica. Este proceso tomó entre 24 y 48 horas. Durante este tiempo, se evitó manipular o desplazar los moldes para prevenir deformaciones en las piezas.

El fraguado inicial constituye un momento delicado, pues cualquier vibración o movimiento brusco podría afectar la estructura interna del material. La paciencia y el control del ambiente fueron esenciales para garantizar buenos resultados.

Transcurrido el tiempo de fraguado inicial, los productos fueron cuidadosamente desmoldados. Gracias a la capa de aceite aplicada previamente, la extracción se realizó sin dificultad y sin daño visible en las piezas. Una vez desmoldados, los productos pasaron a la etapa de curado prolongado.

El curado se llevó a cabo mediante rociado de agua diario durante un periodo de siete a catorce días, o mediante inmersión parcial cuando las condiciones lo permitieron. Este proceso permite que el cemento complete sus reacciones químicas de hidratación, incrementando significativamente su resistencia final. Mantener los productos en sombra fue esencial para evitar un secado rápido y desigual que pudiera causar fisuras.

Tras el curado, cada pieza fue evaluada para comprobar su densidad, homogeneidad, textura y resistencia. Se tomaron notas detalladas sobre cualquier defecto, variación de color, porosidad o comportamiento inesperado. Estos resultados permitieron comparar mezclas, ajustar proporciones y mejorar los procesos de fabricación para obtener productos más consistentes y duraderos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 presenta los resultados obtenidos a partir de tres mezclas con diferentes proporciones de caucho triturado (20 %, 45 % y 65 %). Se evaluaron parámetros como densidad, absorción de agua y observaciones cualitativas del comportamiento del material. La mezcla con 20 % de caucho mostró una densidad de 2.00 g/cm³ y una absorción de agua del 15.4 %, conservando buena cohesión y un acabado uniforme, aunque con una ligera disminución en la resistencia.

La mezcla con 45 % de caucho registró una densidad de 10.1 g/cm³ y una absorción del 12.0 %, resultando en un material más ligero y con un aumento notable en la porosidad. La resistencia obtenida fue aceptable para aplicaciones no estructurales. Finalmente, la mezcla con 65 % de caucho presentó la menor absorción de agua (8.9 %) y una densidad de 12.7 g/cm³. Este material se caracterizó por ser más liviano y por ofrecer un comportamiento adecuado para elementos no sometidos a cargas elevadas. Los resultados evidencian que, a mayor porcentaje de caucho triturado, el material tiende a disminuir su densidad y absorción de agua, lo cual contribuye a obtener elementos más ligeros, aunque con reducciones progresivas en la resistencia mecánica.

Tabla 1. Tabla de Resultados Experimentales

Muestra	% de Caucho Triturado	Densidad (g/cm ³)	Absorción de Agua (%)	Observaciones Generales
1	20%	2.00	15.4	Buena cohesión y acabado uniforme; ligera disminución en la resistencia
2	45%	10.1	12.0	Material más ligero; aumento en la porosidad, resistencia aceptable para usos no estructurales
3	65%	12.7	8.9	
	Buena rescoín unirome	Absorción pororíl	Resistencia (MPa)	Bloques livianos, menór absorción o agua; recomendados para elementos

Fuente: Elaboración propia.

Figura 1 muestra el resultado de la aplicación de la mezcla compuesta por cemento, arena y caucho triturado en la reparación de un bache ubicado en una superficie asfaltada. Se aprecia un parche que se integró de manera uniforme con el pavimento circundante, evidenciando una correcta adherencia y una adecuada nivelación del área intervenida. La superficie obtenida muestra una textura continua y compacta, lo que refleja que la mezcla logró asentarse sin dejar vacíos o imperfecciones visibles. La incorporación del caucho aporta al material una elasticidad moderada que le permite adaptarse a las vibraciones generadas por el tránsito vehicular y a los cambios de temperatura propios del ambiente. Esta característica contribuye a evitar fracturas tempranas o desprendimientos. La experiencia obtenida en esta prueba sugiere que la mezcla representa una alternativa accesible, funcional y ambientalmente responsable para la rehabilitación de pequeñas irregularidades en vialidades comunitarias.

Figura 1. Mezcla de cemento con caucho aplicada a un bache



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 2 se observa un ladrillo fabricado mediante la combinación de cemento, arena y caucho reciclado. Su forma regular, junto con los bordes bien definidos y la superficie uniformemente compactada, indica un proceso de fabricación cuidadoso y homogéneo. La mezcla permitió que los agregados se integraran adecuadamente, generando un bloque con buena cohesión interna y una menor fragilidad frente a impactos o manipulaciones repetidas. La presencia de caucho otorga una flexibilidad ligera que reduce la posibilidad de fisuras, lo cual resulta especialmente ventajoso en usos no estructurales donde la resistencia al impacto es prioritaria. Además, el peso relativamente menor del ladrillo facilita su manejo y transporte, permitiendo que su uso sea práctico incluso en contextos comunitarios o de producción artesanal. En conjunto, la calidad observable en esta pieza evidencia el potencial del caucho reciclado como insumo para la elaboración de elementos constructivos sostenibles, económicos y funcionales.

Figura 2. Ladrillos realizados usando la mezcla de cemento y caucho



Fuente: Elaboración propia.

La figura 3 presenta una maceta rectangular elaborada con una mezcla de cemento, arena y caucho triturado. El objeto muestra paredes de grosor uniforme y bordes claramente definidos, lo que refleja un proceso de moldeo adecuado y una distribución homogénea de los materiales. La incorporación del caucho en la mezcla confiere a la pieza una resistencia superior frente a impactos y un comportamiento más estable ante variaciones térmicas, reduciendo la aparición de fisuras comunes en macetas fabricadas únicamente con cemento. Su peso moderado facilita el traslado y la manipulación sin comprometer su estabilidad al momento de su uso. El resultado final es un objeto funcional, duradero y visualmente consistente, que demuestra la factibilidad de utilizar materiales reciclados para producir artículos útiles con costos accesibles. Esta experiencia reafirma que el aprovechamiento del caucho reciclado puede generar productos que satisfacen necesidades cotidianas, al tiempo que contribuyen a una cultura más consciente y sostenible.

Figura 3. Macetas realizadas con la mezcla de cemento y caucho



Fuente: Elaboración propia.

Costos de Producción por Producto

La tabla 1 presenta datos detallados de los costos asociados a la elaboración de un bloque fabricado a partir de cemento, arena y caucho triturado reciclado. El cemento constituye el insumo con mayor participación económica, con un costo de \$4.48 por los 400 gramos empleados. La arena, utilizada en menor cantidad, representa un costo mínimo de \$0.15, mientras que el caucho reciclado proveniente de llantas desechadas no genera costo alguno, lo cual es una de las principales ventajas del proceso. El agua utilizada tampoco representa un gasto significativo. En conjunto, el costo total de producción de un bloque asciende a tan solo \$4.63.

Este valor resulta particularmente relevante cuando se compara con los precios del mercado, donde un bloque comercial suele oscilar entre \$8 y \$10 por unidad. La diferencia evidencia un ahorro aproximado del 30 % al 40 %, lo cual se vuelve aún más significativo si se considera que el uso de caucho reciclado contribuye simultáneamente a la reducción de residuos y al cuidado del medio ambiente.

Este modelo de producción permite visibilizar una alternativa accesible y sostenible, especialmente útil para proyectos comunitarios, emprendimientos locales y actividades educativas. La facilidad para obtener los materiales, junto con la simplicidad del proceso de fabricación, hace posible su implementación incluso en contextos donde se dispone de recursos limitados.

Demuestra que transformar residuos en productos útiles no solo es técnicamente

viable, sino también económicamente conveniente. Este enfoque fomenta la economía circular, promueve la reutilización responsable y ofrece la posibilidad de reducir costos sin sacrificar funcionalidad. La elaboración de bloques con caucho reciclado representa, por tanto, una solución integral que combina bajo costo, impacto ambiental positivo y accesibilidad para distintos tipos de usuarios y comunidades.

Tabla 2. Elaboración de bloques

<i>MATERIAL</i>	<i>PRECIO POR GRAMO</i>	<i>CANTIDAD / LADRILLO</i>	<i>PRECIO POR UNIDAD</i>
Cemento	\$0.0112	400g	\$4.48
Arena	\$0.0013	110 g	\$0.15
Caucho triturado (reciclado de la basura)	\$0	55g	\$0
Agua	\$0	250ml	\$0
			\$4.63

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 2 correspondiente al costo de producción de una maceta elaborada con cemento y caucho reciclado integra cinco elementos: cemento, arena, caucho triturado, agua y moldes reutilizables. El cemento es el material con mayor peso económico, con un costo de \$6.72 por los 600 gramos empleados. La arena, utilizada en cantidades moderadas, representa un costo mínimo de \$0.15. El caucho triturado, obtenido del reciclaje de desechos, no genera gastos directos, lo que reafirma el valor ambiental y económico de su aprovechamiento. El agua empleada tampoco se considera dentro del costo total por su disponibilidad accesible.

El elemento que más influye en el costo final es el conjunto de moldes, cuyo precio asciende a \$25 por tres unidades reutilizables. Aunque su costo inicial es elevado en comparación con los demás insumos, este gasto disminuye progresivamente conforme se incrementa la cantidad de macetas producidas, convirtiéndose en una inversión recuperable a mediano plazo.

El costo total por unidad es de \$31.87, lo cual continúa siendo significativamente menor que el precio comercial de macetas de tamaño comparable, que oscila entre \$50 y \$100. Esto representa un ahorro considerable y convierte la fabricación artesanal en una opción accesible para usuarios que desean reducir gastos o emprender proyectos productivos.

Además del beneficio económico, la inclusión de caucho reciclado mejora la resistencia y durabilidad del producto final, permitiendo obtener una maceta menos frágil, más estable y con una vida útil prolongada.

Tabla 3. Maceta reciclada

<i>MATERIAL</i>	<i>PRECIO POR GRAMO</i>	<i>CANTIDAD / MACETA</i>	<i>PRECIO POR UNIDAD</i>
Cemento	\$0.0112	600g	\$6.72
Arena	\$0.0013	110g	\$0.15
Caucho reciclado (reciclado de la basura)	\$0	55g	\$0
Agua	\$0	300ml	\$0
Moldes	\$0	3 (20cm x 10cm x 5cm)	\$25
			\$31.87

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Bache reparado

<i>MATERIAL</i>	<i>PRECIO POR GRAMO</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO POR UNIDAD</i>
Cemento	\$0.0112	400g	\$4.48
Arena	\$0.0013	110g	\$0.15
Caucho (reciclado de la basura)	\$0	55g	\$0
Agua	\$0	250ml	\$0
			\$4.63

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIÓN

El desarrollo de este proyecto permitió explorar de manera integral el potencial del reciclaje de llantas fuera de uso mediante su incorporación en mezclas para la elaboración de bloques y macetas con fines no estructurales. A partir del proceso realizado, así como del análisis del contexto ambiental y social asociado al manejo inadecuado de neumáticos, fue posible comprender la relevancia de implementar alternativas sostenibles que permitan reducir el

impacto ambiental generado por estos residuos, los cuales, debido a su composición y durabilidad, representan uno de los desechos más problemáticos a nivel mundial (UNEP, 2013).

La metodología aplicada, que incluyó la preparación de materiales, el mezclado en proporciones específicas, el moldeado en recipientes domésticos, el fraguado, el desmolde y el curado, permitió obtener productos terminados con características físicas adecuadas para su uso decorativo o funcional dentro de entornos no estructurales. El empleo de caucho triturado al 40% en bloques y 30% en macetas brindó la oportunidad de observar cómo se comporta este material al integrarse con cemento blanco y arena fina. Los resultados mostraron que el caucho puede combinarse de manera efectiva sin comprometer la cohesión del producto, siempre y cuando se respeten proporciones adecuadas y se realice un manejo cuidadoso del proceso (SFEI, n.d.-a).

El caucho reciclado aporta ventajas significativas frente a las mezclas tradicionales, como la reducción del peso del producto final, una textura más uniforme y cierta flexibilidad superficial que disminuye el riesgo de quiebre por impacto leve. Estas características hacen que los bloques elaborados tengan un comportamiento particular, lo cual confirma la pertinencia de utilizarlos únicamente para aplicaciones no estructurales. Debido a que el caucho reduce la densidad de la mezcla y modifica la rigidez del material, no es posible garantizar la resistencia mecánica necesaria para elementos constructivos que deben soportar cargas, vibraciones u otros esfuerzos propios de la ingeniería civil (UNEP, 2013). No obstante, esto no representa una limitación significativa en términos ambientales o de reutilización, ya que la intención del proyecto no es reemplazar materiales estructurales convencionales, sino ofrecer alternativas para usos secundarios que contribuyan a disminuir la cantidad de neumáticos abandonados o acumulados.

Asimismo, el proceso permitió identificar la importancia del fraguado y el curado como etapas críticas para el éxito del producto final. Mantener la humedad adecuada durante 7 a 14 días favoreció el desarrollo de una mejor cohesión interna, aun cuando la mezcla contenía un porcentaje considerable de caucho, el cual naturalmente actúa como agregado no absorbente. La selección de toppers de cocina como moldes también resultó eficiente, ya que permitió obtener formas regulares de manera económica y accesible, y demostró que la reutilización de materiales no solo es posible en el producto final, sino también en las herramientas del proceso.

Por otro lado, la elaboración práctica de los bloques permitió evidenciar la gravedad del problema ambiental que representan las llantas fuera de uso. Este proyecto no se limita a

producir elementos de construcción alternativa; también busca generar conciencia sobre una problemática real que afecta a ecosistemas completos, a la salud humana y al entorno urbano. La cantidad creciente de neumáticos desechados ha provocado acumulaciones masivas en tiraderos clandestinos, lotes baldíos, barrancas y calles, lo cual se traduce en múltiples consecuencias negativas. Entre ellas destaca la proliferación de mosquitos transmisores de enfermedades como dengue, zika o chikungunya, ya que las llantas retienen agua durante largos periodos (IMER Noticias, 2023). Además, cuando son quemadas de manera informal para deshacerse de ellas, liberan sustancias tóxicas como dioxinas, benceno y metales pesados, generando contaminación atmosférica nociva para las comunidades aledañas (BlueWire, 2025).

El impacto económico también es significativo. Los gobiernos invierten grandes cantidades en recolección y manejo de residuos, mientras que materiales como el caucho o el acero que contienen los neumáticos podrían reintegrarse a cadenas productivas si existieran más programas de reciclaje (UNEP, 2013). Este proyecto demuestra, en pequeña escala, que existen alternativas viables para transformar un residuo sin valor aparente en un recurso útil. Aunque los productos elaborados no sean estructurales, sí representan un primer paso hacia la diversificación de aplicaciones del caucho reciclado.

Al comparar los resultados obtenidos con prácticas de reciclaje que implementan otros países, se observa que México aún puede avanzar considerablemente en materia de gestión integral de llantas usadas. Países como Japón, Alemania o Canadá han logrado reutilizar más del 90% de sus neumáticos desechados mediante estrategias avanzadas que incluyen pirólisis, reencauche, producción de combustibles derivados de llantas (TDF), fabricación de pavimentos con asfalto modificado y generación de energía en plantas cementeras (UNEP, 2013). Estas naciones no solo han reducido la contaminación asociada a los neumáticos, sino que han generado empleos verdes y cadenas productivas rentables.

La experiencia desarrollada en este proyecto coincide con los principios de la economía circular: reducir, reutilizar y reciclar. Incorporar el caucho a mezclas artesanales demuestra que no es necesario recurrir exclusivamente a industrias de gran escala para contribuir al manejo responsable de residuos. Desde proyectos comunitarios hasta iniciativas escolares, es posible generar cambios significativos que ayuden a mitigar la crisis ambiental derivada del consumo excesivo de neumáticos (Naciones Unidas, 2018).

Otro aspecto relevante fue la evaluación final de los productos. Analizar características como textura, homogeneidad, firmeza y presencia de imperfecciones permitió determinar que el proceso es replicable, económico y adaptable a diferentes condiciones. Incluso se

demostró en campo que estas mezclas podían utilizarse para cubrir baches dentro del fraccionamiento, obteniendo un funcionamiento del 100%. Si bien este uso no puede considerarse estructural, sí evidencia que la resistencia del material es adecuada para aplicaciones básicas de reparación temporal.

Este logro refleja que las soluciones sostenibles pueden surgir a partir de la creatividad, la experimentación y el aprovechamiento de recursos disponibles, sin necesidad de grandes inversiones. El proyecto confirma que el reciclaje de llantas tiene un área de oportunidad enorme no solo en el sector industrial, sino también en el desarrollo comunitario, la educación ambiental y la arquitectura alternativa.

A nivel formativo, la realización del proyecto permitió fortalecer habilidades de análisis técnico, razonamiento práctico, manejo de materiales, observación detallada y trabajo experimental. También contribuyó a una comprensión más profunda de los impactos ambientales que generan los procesos productivos convencionales y de la urgencia de adoptar medidas que favorezcan la sustentabilidad. En un contexto global en el que el cambio climático y la gestión de residuos son desafíos prioritarios, proyectos como este representan una aportación directa al cumplimiento de varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (Naciones Unidas, 2018).

La experiencia adquirida demuestra que la reutilización de llantas fuera de uso es una alternativa viable, accesible y enriquecedora. Aunque los productos elaborados no sean estructurales, sí cumplen funciones prácticas, estéticas y ambientales. El proyecto valida la idea de que cada iniciativa, por pequeña que parezca, contribuye a disminuir la carga de residuos que afectan al planeta. El caucho reciclado, lejos de ser un desecho inútil, puede convertirse en un recurso de valor cuando se maneja con creatividad, responsabilidad y conciencia ecológica.

Este proyecto no solo deja como resultado bloques y macetas hechos con caucho reciclado, sino también una reflexión significativa: el reciclaje no es únicamente un proceso técnico, sino una acción social, económica y ambiental que tiene el poder de transformar nuestra relación con los residuos. La labor realizada demuestra que es posible generar soluciones reales mediante procesos simples, accesibles y sostenibles, reafirmando que el cuidado del medio ambiente depende tanto de grandes industrias como de proyectos locales que promuevan un cambio de mentalidad hacia un futuro más limpio y responsable.

REFERENCIAS

- Adhikari, B., De, D., & Maiti, S. (2000). Reclamation and recycling of waste rubber. *Progress in Polymer Science*, 25(7), 909–948. [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(00\)00020-4](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(00)00020-4)
- Balabanic, G., et al. (2021). Microplastics from tire wear particles. *Environmental Pollution*, 285. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117206>
- Ghani, U., et al. (2022). Rubberized structural composites. *Construction and Building Materials*, 330, 127–138. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127330>
- Guo, S., et al. (2017). Properties of concrete with recycled tire rubber. *Journal of Waste Management*, 62, 176–185. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.02.017>
- Kazmi, S. M., et al. (2019). Production of sustainable bricks using waste tires. *Journal of Cleaner Production*, 230, 1278–1291. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.162>
- Li, J., et al. (2021). Tire-derived aggregate: Applications and challenges. *Science of the Total Environment*, 763, 142–150. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142983>
- Li, Y., et al. (2020). Performance of rubberized asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 259, 120–131. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119749>
- Lippiatt, N., & Ling, T.-C. (2020). Rubber additives in green construction materials. *Materials*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/ma13092065>
- Martinez-Barrera, G., & Brostow, W. (2013). Waste tire rubber in polymer blends. *Materials Research Innovations*, 17(1). <https://doi.org/10.1179/1432891712Z.00000000035>
- Mohammed, B. S., et al. (2012). Rubbercrete mixture optimization. *Materials and Design*, 40, 415–425. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.03.017>
- Paje, S. E., et al. (2010). Acoustic properties of pavements with crumb rubber. *Applied Acoustics*, 71(6), 578–582. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2009.12.003>
- Pham, N., et al. (2020). Crumb rubber performance in mortar. *Journal of Building Engineering*, 30, 101–110. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101230>

- Raffoul, S., et al. (2016). Behavior of rubberized concrete beams. *Engineering Structures*, 117, 37–48. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2016.02.045>
- Senastera, M., et al. (2018). Crumb rubber concrete: A review. *Journal of Cleaner Production*, 199, 448–460. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.166>
- Shu, X., & Huang, B. (2014). Recycling of waste tires. *Waste Management*, 33(12), 1778–1791. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2013.07.003>
- Siddique, R., & Naik, T. R. (2004). Properties of concrete containing scrap-tire rubber. *Waste Management*, 24(6), 563–569. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2004.01.006>
- Thomas, B. S., & Gupta, R. C. (2016). A comprehensive review on the applications of waste tire rubber in cement concrete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1323–1333. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.092>
- Wang, H., et al. (2017). Life cycle assessment of tire recycling processes. *Resources, Conservation & Recycling*, 122, 108–118. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.02.003>
- Yildirim, Y. (2007). Polymer modified asphalt binders. *Construction and Building Materials*, 21(1), 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.07.007>
- Zhang, Y., et al. (2019). Mechanical behavior of rubber-modified cementitious composites. *Cement and Concrete Composites*, 104, 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103347>

© Los autores. Este artículo se publica en Prisma ODS bajo la Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Esto permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, incluidos fines comerciales, siempre que se otorgue la atribución adecuada a los autores y a la fuente original.



doi: <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i1.289>

Cómo citar este artículo (APA 7ª edición):

J. Villanueva Cruz, J. V. C., Cerón Hernandez, A. ., González Chedraui, J. ., Maravilla Fernández, S. ., & Cuate Gomez, D. H. . (2026). Reciclaje del Caucho y sus Beneficios. *Prisma ODS: Revista Multidisciplinaria Sobre Desarrollo Sostenible*, 5(1), 779-799. <https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i1.289>