



Scan to know paper details and
author's profile

Current Situation of Plastic and its Recycling as Material for Rural Construction

Dr. Mar a Jos Valarezo-Ulloa

University of Blumenau

ABSTRACT

The circular and climate-neutral plastics economy uses and manages plastics in a sustainable way. These days, there is an excessive accumulation of plastic waste and its recycling has become paramount. Polyethylene terephthalate (PET) and polypropylene (PP) are among the most consumed and wasteful plastics. One solution to repel these wastes is to recycle them into construction materials. The objective of this work was to develop a hybrid material between recycled PET and PP plastics and aggregate material to be used as paving stones in rural construction floors. The best combinations were obtained for pavers, presenting compression values between 20 and 25 Mpa and flexural-traction values of \pm 10 Mpa, which are comparable to concrete or concrete blocks and pavers, but with a much lower weight. The percentage of water and humidity absorption obtained was \leq 1%, which is within the permissible limits under the ECUATORIAN STANDARD INEN 3040 for concrete pavers and the EUROPEAN STANDARD UNE EN 1338 for cement and concrete prefabricated products. Obtaining light, resistant and low cost materials that can serve as an option to conventional construction materials.

Keywords: recycling, rural constructions, eco-paving stones, polyethylene terephthalate (PET), high-density polyethylene (HDPE), polypropylene (PP).

Classification: LCC Code: TA440

Language: English



Great Britain
Journals Press

LJP Copyright ID: 925665
Print ISSN: 2631-8490
Online ISSN: 2631-8504

London Journal of Research in Science: Natural and Formal

Volume 24 | Issue 6 | Compilation 1.0



Current Situation of Plastic and its Recycling as Material for Rural Construction

Situación actual del plástico y su reciclaje como material para la construcción rural

Dr. María José Valarezo-Ulloa

RESUMEN

La economía circular y climáticamente neutra de los plásticos utiliza y gestiona este tipo de materiales de forma sostenible. En estos días, existe una excesiva acumulación de desechos plásticos y su reciclaje se ha vuelto primordial. El tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP) son unos de los plásticos que más se consumen y más desechos generan. Una solución para repeler estos desechos es reciclarlos en materiales para la construcción. En el presente trabajo tuvo como objetivo el desarrollo de un material híbrido entre plástico reciclado tipo PET y PP; y material árido para utilizarse como adoquín en pisos de construcciones rurales. Se obtuvieron las mejores combinaciones para adoquines, presentando valores de compresión entre 20 y 25 Mpa y de flexo-tracción de ± 10 Mpa que son equiparables a adoquines y bloques de hormigón o concreto, pero con un peso mucho menor. El porcentaje de absorción de agua y humedad, obtenido fue de ≤ 1%, el cual se encuentra dentro de los límites permisibles bajo la NORMA ECUATORIANA INEN 3040 para adoquines de hormigón y la NORMA EUROPEA UNE EN 1338 para prefabricados de cemento y hormigón. Obteniendo materiales livianos, resistentes y a bajo costo que pueden servir como una opción a los materiales convencionales de construcción.

Palabras clave: reciclaje, construcciones rurales, eco-adoquines, polietileno tereftalato (pet), polietileno de alta densidad (pead), polipropileno (pp).

ABSTRACT

The circular and climate-neutral plastics economy uses and manages plastics in a sustainable way. These days, there is an excessive accumulation of plastic waste and its recycling has become paramount. Polyethylene terephthalate (PET) and polypropylene (PP) are among the most consumed and wasteful plastics. One solution to repel these wastes is to recycle them into construction materials. The objective of this work was to develop a hybrid material between recycled PET and PP plastics and aggregate material to be used as paving stones in rural construction floors. The best combinations were obtained for pavers, presenting compression values between 20 and 25 Mpa and flexural-traction values of ± 10 Mpa, which are comparable to concrete or concrete blocks and pavers, but with a much lower weight. The percentage of water and humidity absorption obtained was ≤ 1%, which is within the permissible limits under the ECUATORIAN STANDARD INEN 3040 for concrete pavers and the EUROPEAN STANDARD UNE EN 1338 for cement and concrete prefabricated products. Obtaining light, resistant and low cost materials that can serve as an option to conventional construction materials.

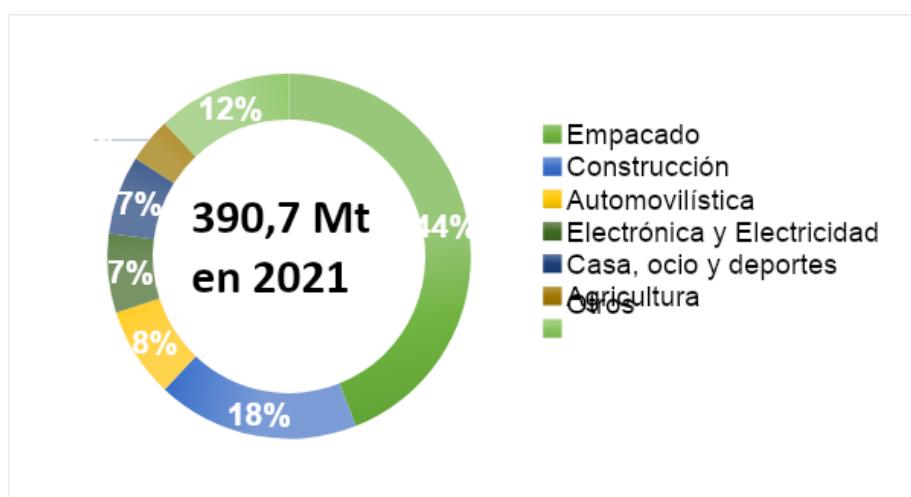
Keywords: recycling, rural constructions, eco-paving stones, polyethylene terephthalate (PET), high-density polyethylene (HDPE), polypropylene (PP).

I. INTRODUCCIÓN

Los plásticos son materiales que han acompañado al ser humano desde hace mucho tiempo atrás y su producción ha aumentado a medida que la demanda de este material ha ido creciendo. Este hecho se ha evidenciado en diferentes áreas en las que el plástico ha sido requerido, como la industria alimentaria, automotriz, de la construcción, utensilios médicos; y de uso diaria entre otros. Solo en el año 2021, la producción mundial de plásticos aumentó un 4% más que el año anterior, hasta superar los 390.7 millones de toneladas, tras un estancamiento en 2020 debido a la pandemia de Covid-19 lo que demuestra la fuerte y continua demanda de este material (Plastics Europe, 2022).

A nivel mundial China es el país que mayor cantidad de plástico genera, representando el 32% de la producción, seguido de Estados Unidos, el resto de Asia y la Unión Europea. Latino América produce tan solo un 4%. De estas cifras se puede citar que el 90.2 % es plástico de origen fósil, 8.3% es de plástico reciclado y un 1.5% corresponde a bioplásticos (Plastics Europe, 2022).

A pesar de la creciente preocupación de activistas ambientales en relación con la contaminación mundial por plástico, se prevé que la demanda de este tipo de materiales siga aumentando. En 2021, el sector del envasado tuvo la mayor cuota con un 44%, seguido de la edificación y la construcción (18%), la automoción (8%), la electricidad y la electrónica (7%), el hogar, el ocio y el deporte (7%), agricultura, ganadería y jardinería (4%), y otros (12%), como se muestra en la Figura 1. Esto se atribuye a un estilo de vida moderno, a el consumismo y al hecho de que aún no estamos totalmente consciente del problema que está generando la acumulación indiscriminada de plástico en todo el mundo (Jouyandeh et al, 2023) (Tiseo, 2021).



Nota. Demanda mundial de plástico, datos obtenidos de Plastics Europe, 2022

Figura 1: Demanda mundial de plástico

Sin embargo, no todo es negativo en el mundo de los plásticos, existen iniciativas de manejo de residuos que necesitan apoyo por parte de diferentes entidades públicas y privadas, ya que las tasas de reciclaje a nivel mundial aún son bajas. La falta de tecnología, la mala gestión de recursos, la falta de programas coherentes y procesamiento incompleto de estos plásticos han hecho que este problema se acentúe (Darko et al, 2023) (Jung et al, 2023).

Debido a esto el reciclaje de plásticos representa una opción implacable para lograr una producción cero residuos y climáticamente neutra que exija una inversión e innovación por parte de la cadena de valor de los plásticos para desarrollar nuevos modelos de negocio para su reutilización. Logrando así emplear una mayor cantidad de plástico reciclado para el desarrollo de nuevas tecnologías que

dependan menos de materiales de origen fósil y contribuyan a la reducción de la acumulación de desechos plástico en botaderos, rellenos sanitarios, bosques, ríos, etc.

Dado que el reciclaje mecánico de plásticos requiere menos capital y recursos, podría ser una opción de gestión de residuos adecuada, en especial en países en desarrollo como Ecuador. Una estrategia importante para consumir este material de desecho es su reciclaje en proyectos de construcción rural, al poseer una buena resistencia mecánica, barrera eficaz contra los gases, resisten a la corrosión, ser ligeros, fáciles de instalar, termosellables y están disponibles a bajo costo, lo que los hace ideales para la fabricación de diversos productos en esta área. (Naveena & Sharma, 2020), (Jouyandeh et al, 2023).

En la construcción, los plásticos abundan en cañerías, revestimientos, pisos, aislamiento, paneles, puertas, ventanas, cristales, unidades de baño, rejas, barandillas y una lista cada vez mayor de aplicaciones tanto estructurales como interiores o decorativas. Sin embargo, las construcciones rurales a diferencia de las urbanas deben cumplir condiciones muy específicas que están determinadas por su entorno, factores socio culturales y rubros que se explotan. Es así, que las viviendas que ocupan las familias forman un conjunto indisoluble con las instalaciones agrícolas y pecuarias.

Brindando así, una amplia gama de oportunidades para nuevas instalaciones relacionadas a la explotación de la tierra, la crianza de animales domésticos, terrazas, embalses, corrales, sistemas de riego, depósitos para guardar alimentos, silos para conservar granos, áreas en donde el uso de recursos inocuos como materiales elaborados a base de plástico reciclado podrían tener cabida.

Con la presente investigación se pretende suplir una necesidad para pisos en construcciones rurales brindando un material inocuo, ligero, de bajo costo, resistente a la humedad, con propiedades físico mecánicas óptimas para ser utilizados en una versatilidad de áreas tanto para vivienda como otras instalaciones de explotación pecuaria y agrícola. Se empleó dos tipos de residuos plásticos: polipropileno (PP) y polietileno tereftalato (PET) mezclado con materiales áridos para la elaboración de eco-adoquines.

El proyecto se realizó dentro del convenio macro entre el Centro Integral de Manejo de Residuos Sólidos del Municipio de Loja-Ecuador y la Universidad Nacional de Loja-Ecuador para tratar de generar conciencia en la factibilidad de uso de mariales de desecho para la elaboración de nuevos materiales, contribuyendo a la disminución de contaminación por plástico, a la utilización de recursos naturales y promoviendo la economía circular.

II. MATERIALES

La ciudad de Loja-Ecuador cuenta con un sistema de recolección y clasificación de basura realizada por el Municipio de Loja por lo que las botellas y envases de polipropileno (PP) y polietileno tereftalato (PET) se obtuvieron del Centro Integral de Manejo de Residuos Sólidos administrado por dicha entidad gubernamental. Los áridos finos y gruesos se obtuvieron de la Cantera Yamba, parroquia Malacatos, cantón Loja-Ecuador. El Alcohol etílico C_2H_6O (70%) se compró en Sigma-Aldrich para limpieza de los plásticos.

III. MÉTODOS

3.1 Obtención y preparación de las materias primas

Las botellas y envases de plásticos de tereftalato de polietileno (PET) y polipropileno (PP) se recogieron del Centro de Manejo Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Loja-Ecuador. Como se muestra en la Figura 2.



Figura 2: Centro de Manejo Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Loja

Una vez recolectados fueron llevados al Centro de Investigación y Servicio de Análisis Químico CISAQ de la Universidad Nacional de Loja, donde se clasificaron, lavaron y secaron. El lavado de los desechos plásticos se realizó con agua destilada, jabón y alcohol etílico al 70% con tres repeticiones para evitar que cualquier impureza quede adherida a la superficie del material. Luego los desechos plásticos se esparcieron sobre una superficie plana y se secaron a temperatura ambiente $\pm 21^{\circ}\text{C}$ durante 48 horas.

3.2 Proceso de trituración de los residuos plásticos

Para el proceso de trituración del material plástico se utilizó un triturador de aspas que está conformado por una tolva o boca de entrada, un motor, un rotor de aspas y un tamiz o criba. El tamiz es colocado para permitir el paso de los trozos más pequeños de plástico resultados del proceso de trituración. Los tamaños de la criba se muestran en la Tabla 2. El triturador de plásticos se muestra en la Figura 3.

Tabla 2: Tamaño de partícula de plástico

| Tamaño diámetro de criba | Dimensiones (mm) |
|--------------------------|------------------|
| Grande | 0.5 |
| Mediano | 0.25 |
| Pequeño | 0.1 |



Figura 3: Triturador de aspas de plásticos

Una vez que el material fue triturado, se sometió a un proceso de secado en estufa durante 24 horas o hasta alcanzar un porcentaje de humedad $\leq 1\%$.

3.3 Elaboración de los eco-adoquines

Para la elaboración de los eco adoquines se utilizó un proceso de extrusión, que permite modelar y fundir el plástico a flujo constante de presión y fuerza. Para el proceso se utilizó un extrusor de tornillo sin fin, que consta de una tolva para el ingreso del material, un motor, un rotor, un cilindro o cañón, un tornillo sin fin de 100 cm de largo, un cabezal y una boquilla de diámetro variado; como se muestra en la Figura 3. El proceso de calentamiento se realizó a través de dos resistencias eléctricas ubicadas al exterior del cañón, conocidos también como calefactores. Se estableció un rango de temperaturas de trabajo entre 160°C a 260°C tomado en cuenta la temperatura de fusión de ambos polímeros.



Figura 3: Extrusor de plásticos

Primero, se realizaron pruebas preliminares de mezclas entre el plástico reciclado tipo PET, polímero muy frágil y quebradizo y el polipropileno PP, material con una mayor flexibilidad luego del recalentamiento. Las mezclas se realizaron en las siguientes proporciones como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Proporción de mezcla de plásticos PET y PP para elaboración de eco-adoquines

| % Mezcla de plástico reciclado | PET | PP |
|--------------------------------|-----|----|
| | 100 | 0 |
| 75 | 25 | |
| 50 | 50 | |
| 25 | 75 | |
| 0 | 100 | |

Cada una de las mezclas se realizaron por duplicado y se evaluaron en función de su porcentaje de absorción de agua, humedad, densidad, resistencia a la compresión y resistencia a la flexo-tracción. A partir de los resultados obtenidos se seleccionó la proporción 50:50%_{PET/PP} y se combinó con diferentes tamaños del material árido en tres proporciones: 75:25%_{PLÁSTICO: ÁRIDO}, 50:50%_{PLÁSTICO: ÁRIDO} y 25:75%_{PLÁSTICO: ÁRIDO}. Para cada tratamiento se realizaron dos repeticiones de cada una y se analizaron las cinco variables anteriormente mencionadas.

La recolección de los áridos finos y gruesos se realizaron en la cantera Yamba del Barrio Malacatos, Cantón Loja-Ecuador. Las muestras para la realización del proyecto se tamizaron y lavaron, para evitar

la presencia de impurezas en las misma. Adicional a este tratamiento los áridos se sometieron a un proceso de secado en estufa durante 24 horas o hasta alcanzar un porcentaje de humedad $\leq 1\%$. Se trabajó con cuatro tamaños diferentes de partícula como se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4: Tamaño de partícula de los áridos

| Áridos | Tamaño de partícula |
|-------------------|---------------------------|
| (Finos y Gruesos) | Grande (± 10 mm) |
| | Mediano (± 5 mm) |
| | Pequeño (± 3 mm) |
| | Muy pequeño (± 1 mm) |

Una vez obtenidas las mezclas fundidas en las distintas proporciones se colocaron en moldes y se prensaron, garantizando la ausencia de burbujas. Las piezas se dejaron enfriar a temperatura ambiente y posteriormente se sumergieron en agua fría $\pm 21^\circ\text{C}$.

Los moldes se elaboraron a partir de acero inoxidable y tuvieron las dimensiones recomendadas por la NORMA NTE-INEN para la elaboración de probetas para análisis físico-químicos de bloques y adoquines.

3.4 Variables de estudio

3.4.1 Resistencia a la compresión (C)

La resistencia a la compresión es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento, la cual se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión. En la presente investigación se realizó el ensayo de la resistencia a la compresión bajo la norma española UNE 41410.

3.4.2 Índice de absorción total de agua (AA)

El porcentaje de absorción de agua se medió a través de la NORMA NTE INEN 3040. Este método consiste en la impregnación con agua de la probeta (M_i), y luego la suspensión de la misma en un recipiente con agua durante 24 horas. Se seca el agua superficial de la probeta y se toma su peso (M_s), posterior a esto, se coloca la probeta en la estufa a 100°C durante 24 horas y se vuelve a realizar la lectura del peso (M_d).

El índice de absorción de agua se expresa relacionando la diferencia del peso de la probeta saturada menos el peso de la probeta seca contra el peso de la probeta seca, expresado en porcentaje. Para calcular la absorción de agua se utiliza la siguiente formula.

$$AB (\%) = \frac{M_s - M_d}{M_s - M_i} \times 100$$

En dónde;

M_s es la masa de la unidad saturada (kg),

M_i es la masa de la unidad sumergida (kg),

M_d es la masa de la unidad seca al horno (kg).

3.4.3 Resistencia a la flexión y carga de rotura a temperatura ambiente ($\pm 21^{\circ}\text{C}$), frío ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) y calor ($\pm 30^{\circ}\text{C}$). (RF)

El ensayo de tracción por flexión consiste en la aplicación de una fuerza vertical (P) a una velocidad definida al centro de la muestra colocada horizontalmente sobre dos soportes (L) hasta llegar a la rotura de la misma (F). La fórmula para obtener el valor de la resistencia al flexo tracción es la siguiente:

$$f = \frac{3PL}{2bh^2}$$

Donde:

F= resistencia flexo Tracción (Mpa)

P= Carga de rotura (N)

L= luz entre soportes (mm)

b= ancho de la baldosa (mm)

h= espesor de la baldosa (mm)

3.4.4 Contenido de humedad (H)

Para calcular el contenido de humedad de la unidad entera al momento en que se determina la masa recibida (cuando se mide M_r) se utiliza la siguiente formula.

$$H (\%) = \frac{Mr - Md}{Ms - Md} \times 100$$

En dónde;

M_r es la masa de la unidad tal como se recibe (kg),

M_s es la masa de la unidad saturada (kg),

M_d es la masa de la unidad seca al horno (kg).

El cálculo anterior del contenido de humedad solo es aplicable a la unidad entera al momento en que se determina la masa tal como se recibe, M_r

3.4.5 Densidad (ρ)

Para calcular la densidad de la unidad seca al horno se utiliza la siguiente formula:

$$D (kg/m^3) = \frac{Md}{Ms - Mi} \times 1000$$

En dónde;

M_d es la masa de la unidad seca al horno (kg).

M_s es la masa de la unidad saturada (kg),

M_i es la masa de la unidad sumergida (kg)

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Tamaño de partícula del plástico

Para la elaboración de los eco-adoquines, se seleccionó el tamaño de diámetro de partícula de plástico de 0,25 mm. La selección de este tamaño se debió al ser el óptimo para trabajar dentro del rango de temperaturas durante el proceso de fusión del PET (260°C) y PP (160°C) para la formación de los eco

adoquines, evitando que descomposición de los plásticos durante el calentamiento y garantizando la conservación de sus propiedades físico-mecánicas y termo-elásticas.

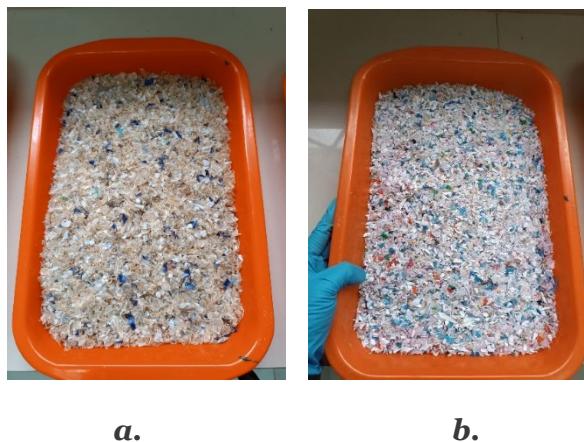


Figura 4: Residuos plásticos a. polietileno tereftalato (PET) y b. polipropileno (PP)

4.2 Caracterización del eco-adoquín

La proporción de mezcla utilizada de los dos tipos de plástico para la elaboración de los eco-adoquines fue 50:50%_{PET/PP} al soportar mayor carga ante el esfuerzo a la compresión y flexo-tracción.

Esta proporción se combinó con cada tamaño del material pétreo en tres proporciones: 75:25%_{PLÁSTICO: ARENA}, 50:50%_{PLÁSTICO: ARENA} y 25:75%_{PLÁSTICO: ARENA}. Para cada tratamiento se analizaron cinco variables y se realizaron dos repeticiones de cada una. En la Figura 5 se muestran los eco-adoquines en sus diferentes proporciones plástico: árido.



Figura 5: Eco-adoquines en sus diferentes proporciones plástico: árido

A través de la determinación del porcentaje de absorción de agua, se pudo observar que todas las proporciones presentan un índice de absorción de $\pm 1\%$, el cual se encuentra dentro de los límites permisibles bajo la NORMA ECUATORIANA INEN 3040 para adoquines de hormigón utilizados para pavimento vigente desde el año 2016 que es menor al $\leq 6\%$. Así mismo la NORMA EUROPEA UNE EN 1338 para prefabricados de cemento y hormigón manifiesta que el límite adecuado es hasta $\leq 6\%$ de resistencia climática o absorción de agua. Una absorción de agua menor que el 6% asegura una buena resistencia a bajas temperaturas y heladas. Dando como resultado que todas las combinaciones de eco-adoquines son aptas para soportar las solicitudes requeridas en el diseño y asegurar una vida útil óptima. Los resultados se muestran en la Tabla 5.

Dentro de las construcciones agrícolas un porcentaje bajo de absorción de agua puede garantizar su uso para instalaciones como galpones, naves para almacenamiento, silos, tanques, canales conductores para riego y sistemas de riego. Un bajo porcentaje de absorción de agua determina el buen manejo de los pisos dentro de las instalaciones pecuarias y un menor esfuerzo por parte del agricultor.

Al ser la tierra una de los materiales más utilizados en los pisos de construcciones agrícolas, los eco-adoquines elaborados a partir de plástico reciclado pueden llegar a ser una alternativa económica e inocua para el mejor manejo de la finca. Pisos con cisco para evitar deslizamientos del ganado en los corrales y que a su vez absorben humedad, los cuales deben cambiarse periódicamente pueden ser sustituidos por materiales plásticos. Este tipo de eco-adoquín puede representar una alternativa a las rampas plásticas u otros materiales que pudieran salir costosas para los pequeños productores por ejemplo en la ceba de cerdos.

Tabla 5: Índice de absorción de agua (AB), densidad (ρ) y Humedad (CH%)

| 50:50 % PET:P P | Tamaño de piedra | Árido % | Plástico % | AB(%) | | CH(%) | | $\rho(\text{kg}/\text{m}^3)$ | |
|---------------------------------|---------------------|------------|---------------|-------|-------|-------|-------|------------------------------|-------|
| | | | | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| | | 25 | 75 | 0.44 | 0.80 | 16.67 | 10.00 | 1,984 | 1,970 |
| Grande (± 10 mm) | 50 | 50 | 1.00 | 0.67 | 14.29 | 10.00 | 1,963 | 1,975 | |
| | 75 | 25 | 0.97 | 0.65 | 18.75 | 20.00 | 1,965 | 1,977 | |
| | 25 | 75 | 0.92 | 0.70 | 16.67 | 12.50 | 1,958 | 1,974 | |
| Mediana (± 5 mm) | 50 | 50 | 1.07 | 0.89 | 13.33 | 25.00 | 1,961 | 1,969 | |
| | 75 | 25 | 1.00 | 0.63 | 13.33 | 20.00 | 1,963 | 1,978 | |
| | 25 | 75 | 1.18 | 0.87 | 7.69 | 10.00 | 1,956 | 1,967 | |
| Pequeña (± 3 mm) | 50 | 50 | 1.08 | 0.72 | 18.00 | 20.00 | 1,958 | 1,975 | |
| | 75 | 25 | 1.10 | 0.67 | 11.76 | 11.11 | 1,959 | 1,975 | |
| | 25 | 75 | 1.05 | 1.05 | 16.67 | 18.18 | 1,962 | 1,963 | |
| Muy Pequeña (± 1 mm) | 50 | 50 | 1.00 | 0.83 | 16.67 | 20.00 | 1,964 | 1,970 | |
| | 75 | 25 | 0.82 | 0.86 | 9.09 | 10.00 | 1,969 | 2,169 | |

El ensayo de densidad formó parte del ensayo de absorción de agua. La densidad de los eco-adoquines (Tabla 5) influye directamente en su grado de resistencia frente a factores como el peso, el roce o la abrasión y depende directamente de los materiales y proporciones que fueron elaborados. En el caso de los eco-adoquines se pudo observar que los valores de densidad fueron similares al presentar una densidad $\pm 1,900$ a pesar del diferente tamaño de agregado de arena.

Esto puede deberse a que el peso y la cantidad del agregado (árido) influyen en el valor final de la densidad de los eco-adoquines. Al presentar un menor peso que equivale a un menor tamaño de partícula del agregado árido, permite incorporar una mayor cantidad de este material al eco-adoquín, mientras que, si el tamaño de partícula del agregado se vuelve más grande y pesado la cantidad que se incorpore al eco-adoquín es menor. Por lo que existe una relación inversa relacionada al tamaño de partícula y la cantidad de material árido por adoquín. Haciendo que la densidad de las diferentes proporciones de plástico:árido sea similar. En la Tabla 6. Se muestra los resultados de los análisis de densidad de los eco-bloques en proporciones 50:50% PLÁSTICO: ARENA en los cuatro tamaños de partículas.

Tabla 6: Eco-bloques en proporciones 50:50% PLÁSTICO: ARENA en los cuatro tamaños de partículas

| Tamaño de partícula | Mezcla | (P) (kg/m ³) | |
|--------------------------|------------------------------|--------------------------|-------|
| Grande (± 10 mm) | 50:50% plástico:árid o | 1,963 | 1,975 |
| Mediana (± 5 mm) | | 1,961 | 1,969 |
| Pequeña (± 3 mm) | | 1,958 | 1,975 |
| Muy Pequeña ± 1 (mm) | | 1,964 | 1,970 |

Realizando una comparación de los valores de densidad obtenidos en los eco-adoquines y los bloques de hormigón que van desde los 2200 – 2400 (kg/m³), se puede observar que los eco-adoquines pueden ser aptos para construcciones rurales presentando ventajas al ser más livianos y con un alto nivel de resistencia a factores climáticos y externos (calor, frío, etc), durabilidad de la estructura, adaptabilidad de formas y eliminar riesgos de sufrir deformaciones.

A través de los análisis de compresión y flexo tracción (Tabla 7) se pudo analizar que los eco-bloques presentan una buena resistencia a la compresión, presentando valores entre 18 y 25 MPa, estos datos indican que la resistencia a la compresión es independientemente a las proporciones de plástico reciclado y árido. Además, la variación de tamaño de partícula no afectó a la resistencia a la compresión. Siendo la proporción de material árido pequeño (± 3 mm) la que obtuvo valores de resistencia a la compresión más altos de 22.8MPa, 23.05 MPa y 25,07 MPa para las tres proporciones: 75:25% PLÁSTICO: ARENA, 50:50% PLÁSTICO: ARENA Y 25:75% PLÁSTICO: ARENA respectivamente.

La resistencia a la flexión en los eco-bloques se encuentra en un rango de 4.27 MPa y 11.55 MPa, según los datos obtenidos se deduce que los eco-bloques con mayor porcentaje de plástico reciclado poseen valores de resistencia a flexión más altos. Esto se pudo observar en temperatura ambiente ($\pm 21^{\circ}\text{C}$), frío ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) y calor ($\pm 30^{\circ}\text{C}$). Los datos obtenidos superan los establecidos en la norma española UNE 127022 para baldosas de hormigón, donde menciona que la resistencia mínima es de 3.5MPa

Según Fernández y Vilela en su estudio de resistencia a flexión de baldosas peatonales de mortero reforzado con plástico reciclado obtuvo un promedio de resistencia a la flexión de 3.66 MPa, tomando los datos a los 28 y 56 días. En un estudio de resistencia a la flexión en baldosas esmaltadas expuestas a ciclos de hielo y deshielo Flórez, Pedroza y Quintero obtuvieron un valor promedio de 24.7 MPa en cada ciclo evaluado.

Tabla 7: Resistencia a la compresión (RC) y Resistencia a la flexión y carga de rotura a temperatura ambiente ($\pm 21^{\circ}\text{C}$), frío ($\pm 10^{\circ}\text{C}$) y calor ($\pm 30^{\circ}\text{C}$). (RF)

| | Tamaño de piedra | Piedra% | Plástico % | RC(Mpa) | | RF(Mpa) | | |
|---------------|---------------------------|---------|------------|---------|-------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | | | | R1 | R2 | Ambiente $\pm 21^{\circ}\text{C}$ | Calor $\pm 30^{\circ}\text{C}$ | Frio $\pm 10^{\circ}\text{C}$ |
| 50:50% PET:PP | Grande (± 10 mm) | 25 | 75 | 22.27 | 22.27 | 5.06 | 7.79 | 11.55 |
| | | 50 | 50 | 23.10 | 23.10 | 8.96 | 5.22 | 6.46 |
| | | 75 | 25 | 15.63 | 15.63 | 4.27 | 5.41 | 5.37 |
| | Mediana (± 5 mm) | 25 | 75 | 19.05 | 19.05 | 6.53 | 4.99 | 5.70 |
| | | 50 | 50 | 20.19 | 20.19 | 6.48 | 7.24 | 6.39 |
| | | 75 | 25 | 24.99 | 24.99 | 9.03 | 7.51 | 7.63 |
| | Pequeña (± 3 mm) | 25 | 75 | 25.07 | 25.07 | 9.83 | 5.87 | 10.46 |
| | | 50 | 50 | 22.80 | 22.80 | 10.73 | 5.30 | 10.72 |
| | | 75 | 25 | 23.05 | 23.05 | 7.03 | 6.69 | 8.31 |
| | Muy Pequeña (± 1 mm) | 25 | 75 | 18.16 | 18.16 | 5.01 | 3.30 | 5.81 |
| | | 50 | 50 | 21.30 | 21.30 | 9.30 | 6.11 | 6.56 |
| | | 75 | 25 | 20.19 | 20.19 | 7.66 | 5.41 | 9.04 |

V. CONCLUSIÓN

Las obras que sirven al sector agropecuario son todas las construcciones e instalaciones que se requieren para el desarrollo de una adecuada actividad, el eco-bloque elaborado de material plástico de desecho y áridos, constituye un material pre fabricado puede ser utilizado para instalaciones pecuarias

y construcciones agrícolas y debe ser estudiando a profundidad por su incidencia en la vida del agricultor y conservación del ambiente.

Además, a través de los estudios realizados se establece dentro de parámetros de seguridad y economía y sobre la base de criterios de preservación ambiental que la mejor combinación se observó para la mezcla de PET:PP 50:50%, con un tamaño de partícula de (± 3 mm) en sus tres proporciones 75:25% PLÁSTICO: ARENA, 50:50% PLÁSTICO: ARENA Y 25:75% PLÁSTICO: ARENA

BIBLIGRAFÍA

1. Dobrowolska, K. (2021). ¿Cómo afecta la construcción al medio ambiente? ARCHDESK.
2. Charles Darko, Plisylia Wong Shi Yung, Anlong Chen, Adolf Acquaye. 2023. Review and recommendations for sustainable pathways of recycling commodity plastic waste across different economic regions. Resources, Environment and Sustainability Volumen 14. <https://doi.org/10.1016/j.resenv.2023.100134>
3. European Bioplastics, 2022a. Fact sheet - what are bioplastics? Available at: https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP_FS_What_are_bioplastics.pdf.
4. European Bioplastics, 2022b. Bioplastics - industry standards & labels. Available at: https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EUBP_FS_Standards.pdf.
5. European Bioplastics, 2021. Bioplastics market development update 2021. Available at: https://docs.european-bioplastics.org/publications/market_data/2021/Report_Bioplastics_Market_Data_2021_short_version.pdf.
6. Hilder Cruz Garcia. (2019) Influencia De Cenizas De Ladrillos Artesanales En La Resistencia A La Compresión De Adoquines De Concreto, Trujillo. Universidad Privada del Norte. Perú
7. Hyuni Jung, Giyoung Shin, Hojung Kwak, Lam Tan Hao, Jonggeon Jegal, Hyo Jeong Kim, Hyeonyeol Jeon, Jeyoung Park, Dongyeop X. Oh. 2023. Review of polymer technologies for improving the recycling and upcycling efficiency of plastic waste. Chemosphere. Volumen 320. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.138089>
8. Katherine Liliana Campos Barboza, Fiorella Felicita Gómez Montalbán, María Alejandra Montero Nuñez. (2019). Diseño del Proceso de Producción de Ladrillos Basados en Plástico Reciclado. PIURA.
9. Luis Diego Méndez Mejías. (2014). Estudio técnico en la producción de adoquines a partir de residuos de madera de tarimas, Cartago, Escuela de Ingeniería Forestal. Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica
10. Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 3040. (2016). Adoquines De Hormigón. Requisitos Y Métodos De Ensayo. Instituto Ecuatoriano de Normalización
11. Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 3066. (2016). Bloques De Hormigón. Requisitos Y Métodos De Ensayo. Instituto Ecuatoriano de Normalización
12. Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 857. (2010). Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa, gravedad específica y absorción de árido grueso. Instituto Ecuatoriano de Normalización
13. Ramin Tolou Jouyandeh, Ali Hemmati, Alireza Mortezaei. (2023). Using woven recycled plastic fibers in reinforced concrete beams. Construction and Building Materials. Volume 404. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133262>
14. Rene Antonio Rea Ruiz. (2022). Estudio de las propiedades físico-mecánicas en adoquines de concreto para tránsito peatonal incorporando viruta metálica y caucho reciclado, Andahuaylas, Universidad Cesar Vallejo. Perú
15. Ruben Andrés Moreno Cárdenas, Fredy Fernando Cañizares. (2011). agregado alternativo para la fabricacion de bloques y adoquines en base a politilen tereftalato. quito.

16. Sariah Abang, Farrah Wong, Rosalam Sarbatly, Jamilah Sariau, Rubiyah Baini, Normah Awang Besar, 2023. Bioplastic classifications and innovations in antibacterial, antifungal, and antioxidant applications. *Journal of Bioresources and Bioproducts*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2023.06.005>.

Great Britain Journal Press Membership

For Authors, subscribers, Boards and organizations



Great Britain Journals Press membership is an elite community of scholars, researchers, scientists, professionals and institutions associated with all the major disciplines. Great Britain memberships are for individuals, research institutions, and universities. Authors, subscribers, Editorial Board members, Advisory Board members, and organizations are all part of member network.

Read more and apply for membership here:
<https://journalspress.com/journals/membership>



For Authors



For Institutions



For Subscribers

Author Membership provide access to scientific innovation, next generation tools, access to conferences/seminars/symposiums/webinars, networking opportunities, and privileged benefits. Authors may submit research manuscript or paper without being an existing member of GBJP. Once a non-member author submits a research paper he/she becomes a part of "Provisional Author Membership".

Society flourish when two institutions Come together." Organizations, research institutes, and universities can join GBJP Subscription membership or privileged "Fellow Membership" membership facilitating researchers to publish their work with us, become peer reviewers and join us on Advisory Board.

Subscribe to distinguished STM (scientific, technical, and medical) publisher. Subscription membership is available for individuals universities and institutions (print & online). Subscribers can access journals from our libraries, published in different formats like Printed Hardcopy, Interactive PDFs, EPUBs, eBooks, indexable documents and the author managed dynamic live web page articles, LaTeX, PDFs etc.



GO GREEN AND HELP
SAVE THE ENVIRONMENT

JOURNAL AVAILABLE IN

PRINTED VERSION, INTERACTIVE PDFS, EPUBS, EBOOKS, INDEXABLE DOCUMENTS AND THE AUTHOR MANAGED DYNAMIC LIVE WEB PAGE ARTICLES, LATEX, PDFS, RESTRUCTURED TEXT, TEXTILE, HTML, DOCBOOK, MEDIAWIKI MARKUP, TWIKI MARKUP, OPML, EMACS ORG-MODE & OTHER



SCAN TO KNOW MORE



support@journalspress.com
www.journalspress.com



*THIS JOURNAL SUPPORT AUGMENTED REALITY APPS AND SOFTWARES