

Material ecológico: ladrillos elaborados con suelo-cemento y polietileno tereftalato (PET)

Ecological material: bricks made with soil-cement and polyethylene terephthalate (PET)

Mireya Lauren Gareca Apaza ^{1✉} • Marcial Andrade Cueto ²

Recibido: 24 Febrero 2024 / Revisado: 25 Marzo 2024 / Aceptado: 18 Abril 2024 / Publicado: 9 Julio 2024

Resumen

La industria de la construcción es una de las más contaminantes en el planeta, razón por la cual es importante que los nuevos materiales tengan un ciclo de vida circular y un bajo impacto en el medio ambiente. Por esta razón, el objetivo de esta investigación se centra en obtener un ladrillo de suelo-cemento con la incorporación de PET que presente características mecánicas similares a los ladrillos cerámicos del mercado. Se utilizó el método experimental, para obtener las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión, densidad y absorción, mediante el análisis de tres tipos de dosificaciones denominadas TRAT1, TRAT2, TRAT3 y la dosificación testigo SIN.PET, se sometieron 43 probetas, las cuales se ensayaron a los 7, 14, 21 y 28 días. Los resultados obtenidos demuestran que es posible mejorar las propiedades relativas a la compresión de un ladrillo de suelo-cemento mediante la incorporación de PET al 3%, lo que contribuye a disminuir la contaminación porque este ladrillo no requiere cocción.

Palabras claves: Medio ambiente, Ladrillo ecológico, Suelo natural, Construcción, Material de construcción.

Abstract

The construction industry is one of the most polluting on the planet, so it is important that new materials have a circular life cycle with low environmental impact. For this reason, this research aims to obtain a soil-cement brick with the incorporation of PET that presents mechanical characteristics like ceramic bricks on the market. The experimental method was used to get the mechanical properties of compression resistance, density, and absorption through the analysis of three types of dosages: TRAT1, TRAT2, TRAT3 and the control dose SIN.PET, 43 test specimens were presented, which were tested at 7,

14, 21 and 28 days. The results demonstrate that it is possible to improve the compression properties of a soil-cement brick by incorporating 3% PET, which reduces contamination because this brick does not require firing.

Marcial Andrade Cueto

<https://orcid.org/0009-0000-9239-8447>

✉ Mireya Lauren Gareca Apaza / gareca.mireya@usfx.bo
<https://orcid.org/0000-0002-2361-9389>

1 Carrera de Diseño de Interiores - Facultad de Arquitectura y Ciencias del Hábitat Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca

2 Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente

Keywords: Environment, Eco-brick, Natural soil, Construction, Building material.

Introducción

El sector de la construcción es una preocupación constante en muchos países de América Latina debido a su impacto ambiental. Este proceso es en general lineal y no circular, aspecto que dificulta el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible - Agenda 2030 que garanticen el desarrollo sostenible de los países (Alvarez, 2023).

Una de las razones está en los materiales que se utilizan, los cuales no presentan una vida circular en el proceso y terminan contaminando el medio ambiente en los botaderos a cielo abierto. En varios países, tampoco existe un control que reglamente el uso y el ciclo final de estos materiales, por esta razón, las investigaciones en este campo tienen una mayor importancia debido a la necesidad de disminuir el impacto ambiental.

Por otro lado, es importante mencionar que el sector de la construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida, incluyendo la energía en uso y del 50% del total de los residuos generados (Pertuz, 2010).

En relación con este tema, se debe indicar que antiguamente se utilizaban materiales naturales procedentes de un entorno inmediato, como es el caso del adobe, que es un material no contaminante, el cual posee propiedades mecánicas que han perdurado en el tiempo, que no requiere un proceso de elaboración contaminante, y que aún se sigue elaborando en el área rural, debido a su bajo costo y elaboración artesanal, que además no implica elevados precios por el uso de maquinarias u otros.

Una ventaja del uso de la tierra común es que está disponible y reduce costos, (Souza et al., 2008 citado por Gonçalves, y otros, 2017). La investigación realizada por Santillán, (2018) mostró que los ladrillos con arcilla obtuvieron una resistencia a la compresión de 5.66 MPa, módulo de rotura de 0.374 MPa y absorción de agua del

14.52%, las probetas se sometieron a pruebas experimentales a los 7,14, 21 y 28 días.

De la misma manera, uno de los mayores contaminantes sigue siendo el plástico, en sus diversas presentaciones, entre ellos está el tereftalato de polietileno (PET), que entre sus propiedades más importantes se destacan las siguientes: interviene como barrera para los gases, es irrompible, liviano, impermeable, resistente a esfuerzos permanentes y al desgaste, porque presenta elevada rigidez y dureza. Sin embargo, el mayor problema es el tiempo que tarda en desintegrarse, (Martínez & Cote, 2014).

Esta es la razón por la que numerosas investigaciones en el campo de la ingeniería y arquitectura, han considerado al PET en el desarrollo de nuevos materiales constructivos, especialmente de ladrillo y bloques de cemento, entre otros. Según otros autores el PET, aporta resistencia mecánica al ladrillo, pero la adición del PET no debe superar el 25%, lo que contribuye a reutilizar este material considerando que se degrada en 450 años (Santafe Lugo, 2022).

De acuerdo con una investigación realizada por la Universidad Nacional de Córdoba, se determinó, que los porcentajes de cemento deberían ubicarse entre 3% y 9% para la fabricación de bloques de suelo estabilizado con cemento (BSEC) utilizados para muros no portantes, donde el contenido de humedad debería ser inferior al 20% para evitar un incremento de la conductividad térmica (Costantini & Franco, 2022).

Así mismo, se encontró que la resistencia a la compresión de ladrillos de suelo-cemento con diferentes proporciones de cemento (2%, 4%, 6%, 8% y 10%) los cuales se ensayaron a los 7, 14 y 28 días mostraron que a mayor porcentaje de cemento, mayor resistencia a la compresión, encontrándose que los ladrillos de 4% y 6% de cemento pueden ser utilizados a los 28 días, mientras que los ladrillos con 8% y 10% pueden ser utilizados desde los 7 días, de acuerdo a lo establecido por la normativa boliviana, se tiene

la NB 1211003 IBNORCA, (2013) de ladrillos cerámicos (arcilla), la cual indica características mínimas sobre la resistencia a la compresión, de acuerdo con las siguientes clases: D, hasta 1,5 MPa; C, hasta 4 MPa; B, hasta 12 MPa, y A, hasta 20 MPa (Herrera, Rocha, Zapata-Ampuero, & Murillo-Borda, 2022).

De esta manera, la relación suelo, cemento y PET, se constituyen en una alternativa para construcciones que no sólo contemplen bajos costos, sino también que consideren la sustentabilidad del planeta, mediante el uso equilibrado de los recursos naturales, que permiten disminuir la extracción de materias primas y no precisan de cocción lo que implica no contaminar la atmósfera mediante emisiones de CO₂, así como la reutilización, reciclaje de los residuos sólidos y el uso de tecnología limpia (Pertuz, 2010).

La presente investigación plantea, la fabricación de ladrillos ecológicos como una nueva alternativa para la construcción, ya que este estará compuesto por PET, suelo natural y cemento, que contribuirá con la disminución de emisiones de CO₂, como resultado de la combustión en la cocción del ladrillo de arcilla. También propone un uso racional del cemento que mediante el proceso de elaboración también genera contaminación, y el reciclaje del PET que es un residuo sólido contaminante que además demora en desintegrarse. De esta manera, se busca contribuir con el objetivo once, de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que plantea comunidades y ciudades sostenibles (Ministerio de interior, obras públicas y vivienda de Argentina, 2019).

De esta manera, el suelo común tiene características constructivas que aportan un enfoque de edificaciones sostenibles y de bajo impacto medioambiental. Las características del suelo natural incluyen la higroscopicidad, que permite absorber y liberar humedad del ambiente manteniendo una humedad óptima de 40 - 65%; la inercia térmica, que es la capacidad que tiene un material de almacenar energía dentro de su masa

para posteriormente liberarla, razón por la cual es utilizada en viviendas con enfoque bioclimático; el aislamiento acústico, que convierte la estructura de los muros hechos con suelo natural en una barrera contra el ruido, aislando de esta manera el interior del ruido exterior; la sostenibilidad, que permite que el suelo cumpla un ciclo natural, sin generar impactos negativos muy grandes; y la piroresistencia, que hace que el suelo presente una buena estabilidad y resistencia al fuego (Holgado Cornejo & Prado Salinas, 2015).

Sin embargo, es importante destacar también las desventajas, entre ellas se encuentran la alta absorción, que provoca la debilitación de los muros cuando se exponen de forma prolongada al agua y la baja resistencia mecánica (Holgado Cornejo & Prado Salinas, 2015).

En Bolivia la norma APNB 1211001 del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad IBNORCA que corresponde a ladrillos cerámicos cocidos, que establece 20,4 Kg/cm² para muro no portante y 203,9 Kg/cm² para muro portante o estructural (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad - IBNORCA, 2013).

Otros referentes internacionales que se usaron fueron: Norma Técnica Peruana NTP 331.017 (Ministerio de Vivienda, 2006), Norma Chilena 169 (COPANT, 2001) y la Norma Técnica Colombiana NTC 4017 (ICONTEC, 2009), como referentes comparativos de las propiedades físicas de los ladrillos.

Materiales y métodos

Se utilizaron los métodos de medición, observación y experimental, que permitieron conocer el comportamiento del producto obtenido. Se sometieron las probetas a diferentes pruebas de laboratorio con cinco repeticiones por cada dosificación durante el proceso de fabricación.

Los equipos que se utilizaron fueron: una máquina universal, una balanza de precisión y una máquina tamizadora para determinar las

características más importantes del objeto de estudio. Las variables son:

- **Variable independiente:** tratamiento
- **Variables dependientes:** densidad, compresión y absorción.

Características del trabajo experimental:

Número de tipos de suelo	5
Número de dosificaciones (diferenciadas de acuerdo con el porcentaje de incorporación de PET)	3
Número de repeticiones para compresión (COMP)	10
Número de repeticiones para absorción (ABSORC)	5
Número de repeticiones para densidad (DENS)	10
Número de probetas de suelo-cemento para comparación (TRAT)	10
Número total de unidades experimentales	43

Características de los materiales:

- El cemento, que se empleó fue el Portland IP30 de la Fábrica Nacional de Cemento S. A. (FANCESA).

Según la norma boliviana NB 011, se clasifica como cemento portland con puzolana tipo IP- 30, con una resistencia mínima de 30 MPa a 28 días en mortero normalizado.

- El agua, que se añadió fue limpia y sin residuos o materiales orgánicos.

- Se utilizó el Tereftalato de Polietileno, conocido como PET.

- El suelo, se obtuvieron muestras de cinco zonas del radio urbano de la ciudad de Sucre, por debajo de la capa vegetal, para posteriormente desterronar y tamizar para eliminar el agregado grueso que podría existir.

Las zonas de extracción de las muestras de suelo y clasificación textural fueron: Barranca (Franco), Kora-Kora (Franco), Yurac-Yurac (Franco-Arenosa), Lechuguillas (Franco-Arenosa) y Sancho (Franco).

Procedimiento: Se sometió las probetas de 46X46X46 mm y de 46x46x150 mm, a tres pruebas de laboratorio: densidad, compresión y absorción.

Selección de la materia prima: El material mas importante para la elaboración del ladrillo es el suelo natural, el cual debe presentar una composición textural de tipo y franco arenosos.

Tabla 1. Análisis granulométrico de suelo, del sector de Yurac Yurac (muestra de 2242 gr)

Tamiz Nº	Abertura malla (mm)	Peso retenido gr	% Retenido	% Acumulado	% Que pasa
3	75	0	0	0	100
1 1/2	37,5	0	0	0	100
3/4	19	0	0	0	100
3/8	9,5	0	0	0	100
4	4,75	3,5	0,16	0,16	99,84
10	2	446,4	19,91	20,07	79,93
20	0,85	652,8	29,12	49,18	50,82
40	0,425	561	25,02	74,21	25,79
100	0,15	329,6	14,7	88,9	11,1
200	0,075	177,6	7,92	96,83	3,17
QP tamiz 200		70,4		99,97	

Nota: Franco (F), Franco Arenosa (FA).

De acuerdo con los resultados se optó por utilizar la muestra con granulometría promedio.

Separación y triturado: En el caso del PET se realizó un triturado manual, con una dimensión de 5mm X 5mm porque este tamaño garantiza la adherencia del material, el porcentaje de plástico que se utilizó en la dosificación se realizó en sustitución al total del porcentaje de arena.

Sin embargo, es importante aclarar que se recomienda el uso de PET triturado menor a 5mm, porque a mayor dimensión, la adherencia es menor y la cantidad de PET debe disminuir,

Esta afirmación se realiza como resultado de las pruebas realizadas en el laboratorio. Asimismo, en la bibliografía consultada sobre el tema, se refieren a un tamaño de PET triturado en maquinaria especializada menor a ¼ de pulgada para obtener óptimos resultados (Ludeña, 2023).

Preparado de la dosificación de Suelo+ Cemento + PET: La incorporación del cemento para los tres tratamientos fue del 10%. Mientras que las dosificaciones para las diferentes probetas variaron de acuerdo con el porcentaje de incorporación de PET en sustitución del suelo.

Tomando como referente una dosificación para un mortero con Rc = 100Kg/cm², se utilizó las siguientes cantidades:

- Cemento: 140 kg/m³ H°
- Arena: 2158.4 kg/m³ H°
- Agua: 119 lt/m³ H°

A continuación, se presenta la tabla de adición de PET para cada uno de los tratamientos:

Tabla 2. Porcentaje de PET utilizado para cada tratamiento, para 1 m³

Dosificación	PET	Peso kg
T	0,00%	0
1	2,00%	32,99
2	3,00%	49,48
3	4,00%	65,98

Nota: La T corresponde a la probeta de control sin fragado de PET.

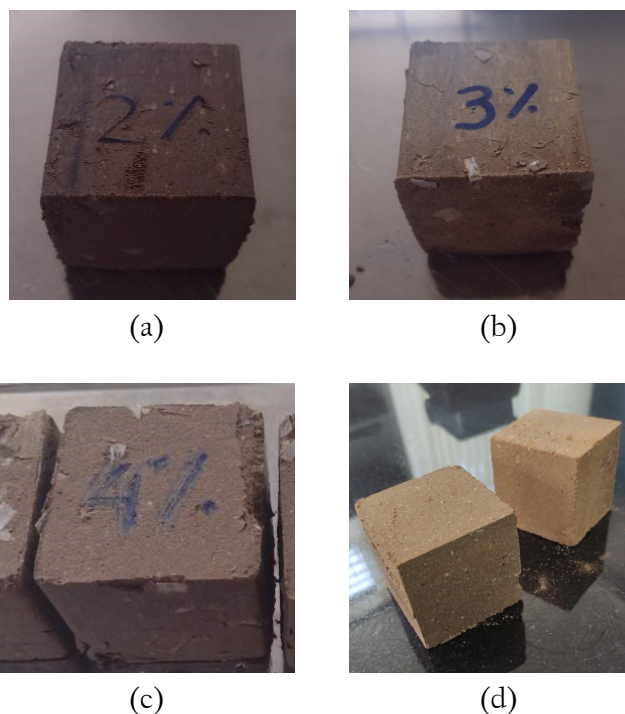
Mezclado en seco: La mezcla de los materiales se realizó en seco en bandejas metálicas, de forma manual, para luego agregar el agua. Se tuvo el cuidado necesario de que las partículas de PET estuvieran libres de residuos orgánicos o presencia de aceites.

Mezclado en húmedo: Se agregó el agua, hasta observar el grado de plasticidad de la mezcla a simple vista, para su posterior vaciado a los moldes elaborados con las dimensiones que la norma específica 46 mm X 46 mm.

Compactado manual: Se aplicó un moldeo manual, se comprimió la mezcla con tacos de madera.

Desmolde: Una vez compactado se procedió al desmoldado llevando la muestra al curado respectivo.

Figura 1. (a) Probeta con incorporación de 2% de PET. (b) Probeta con incorporación de 3% de PET. (c) Probeta con incorporación de 4% de PET. (d) Probeta de control (T), sin incorporación de PET.



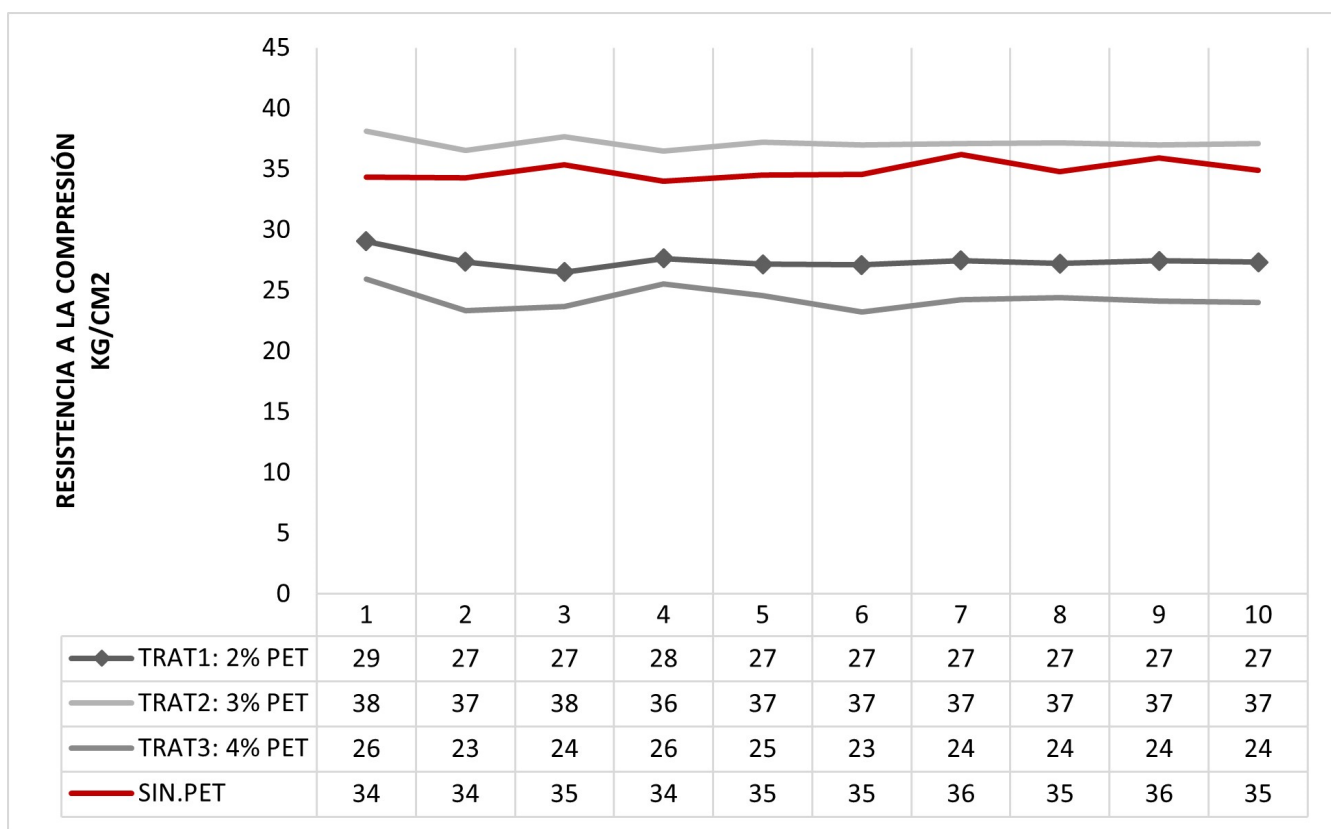
Secado y fraguado: Se realizó el curado preservando la humedad superficial por 20 días, mediante el rociado de agua con atomizador de forma diaria.

Resultados

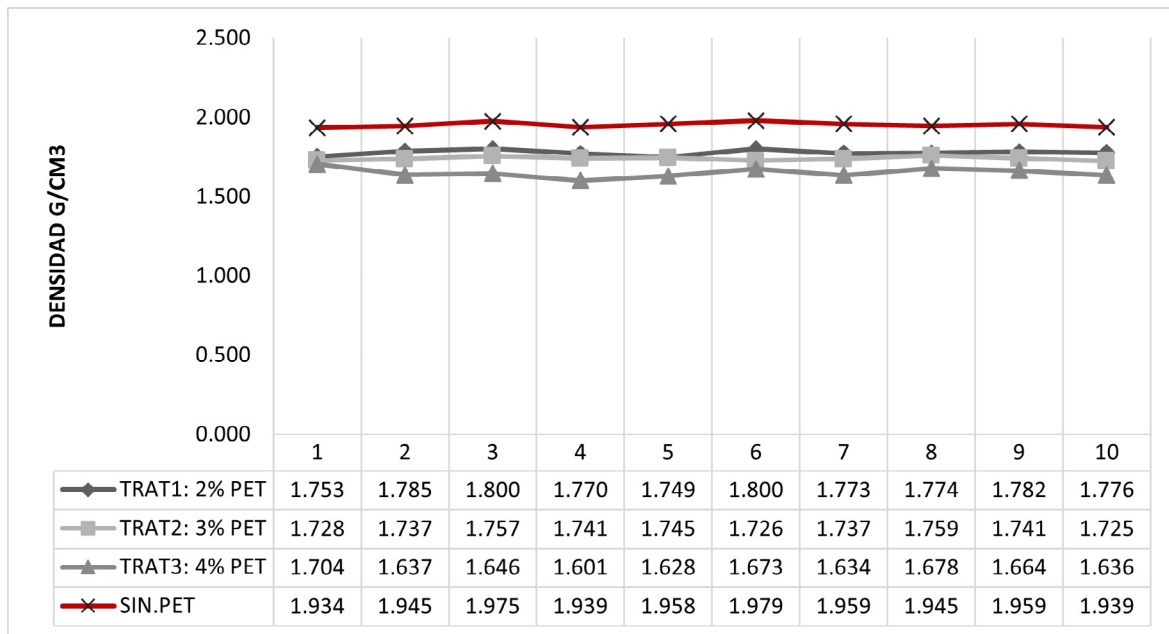
Resistencia a la compresión

De acuerdo con los resultados se puede observar que la dosificación 2 (TRAT2) con incorporación de PET al 3% presenta una resistencia promedio a la compresión de 37 kg/cm², superior al tratamiento testigo (SIN.PET) y a las dosificaciones 1 y 3.

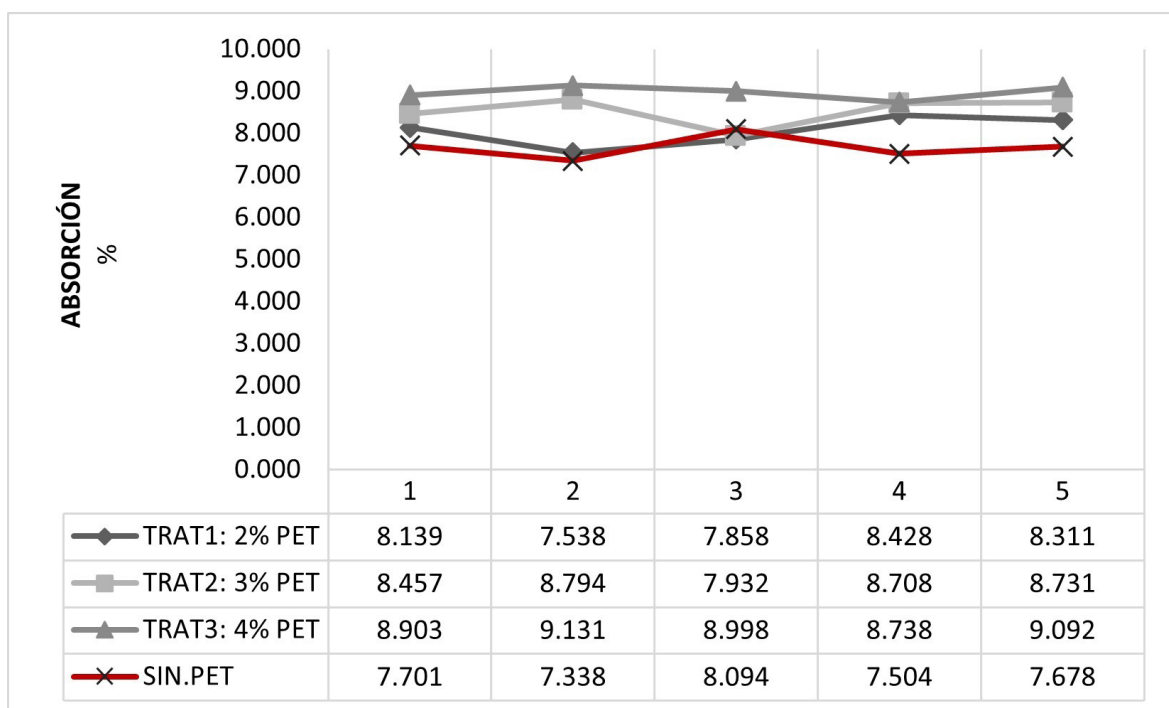
Figura 2. (a) Resistencia a la compresión de las probetas de suelo-cemento con incorporación de PET y de la probeta de control (SIN.PET). (b) Densidad de las probetas de suelo-cemento con incorporación de PET y de la probeta de control (SIN.PET). (c) Absorción de las probetas de suelo-cemento con incorporación de PET y de la probeta de control (SIN.PET).



(a)



(b)



(c)

Densidad

La probeta con mayor densidad corresponde a la dosificación sin incorporación de PET (SIN.PET) con un promedio de $1,95 \text{ g/cm}^3$, seguido de la dosificación 1, que corresponde al 2% con un dato promedio de $1,78 \text{ g/cm}^3$.

Absorción

Según los resultados se puede observar que la dosificación con menor absorción de agua corresponde a la probeta de control (I), con un 7,66% sin adición de PET, seguido de la dosificación 1 con 2% de adición de PET con un 8,05% debido a que se agregan las partículas de PET que incrementa la porosidad en la mezcla.

Discusión

Compresión: La dosificación 2 (TRAT2) con incorporación de PET al 3% presenta un mejor comportamiento a la compresión, con una resistencia promedio a la compresión de 37 kg/cm^2 , que según la norma APNB 1211001 del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad IBNORCA, que corresponde a ladrillos cerámicos cocidos, se encuentra dentro del rango que establece un mínimo de 20.4 kg/cm^2 para muros no portantes, superior incluso a la probeta de control (SIN.PET) sin adición de PET con un dato promedio de 35 kg/cm^2 . Sin embargo, no cumple con lo establecido por la norma Técnica Peruana NTP 331.017 establece un mínimo de 60 kg/cm^2 .

También se puede corroborar que a mayor cantidad de PET la resistencia disminuye a partir de un porcentaje superior al 4% de incorporación de PET; pero con un porcentaje del 3% se incrementa la resistencia a la compresión, siendo comparativamente más resistente que la dosificación que no incorpora PET lo que corrobora los resultados de investigaciones similares (Frigione, 2010 citado por Serrano Guzmán, Pérez

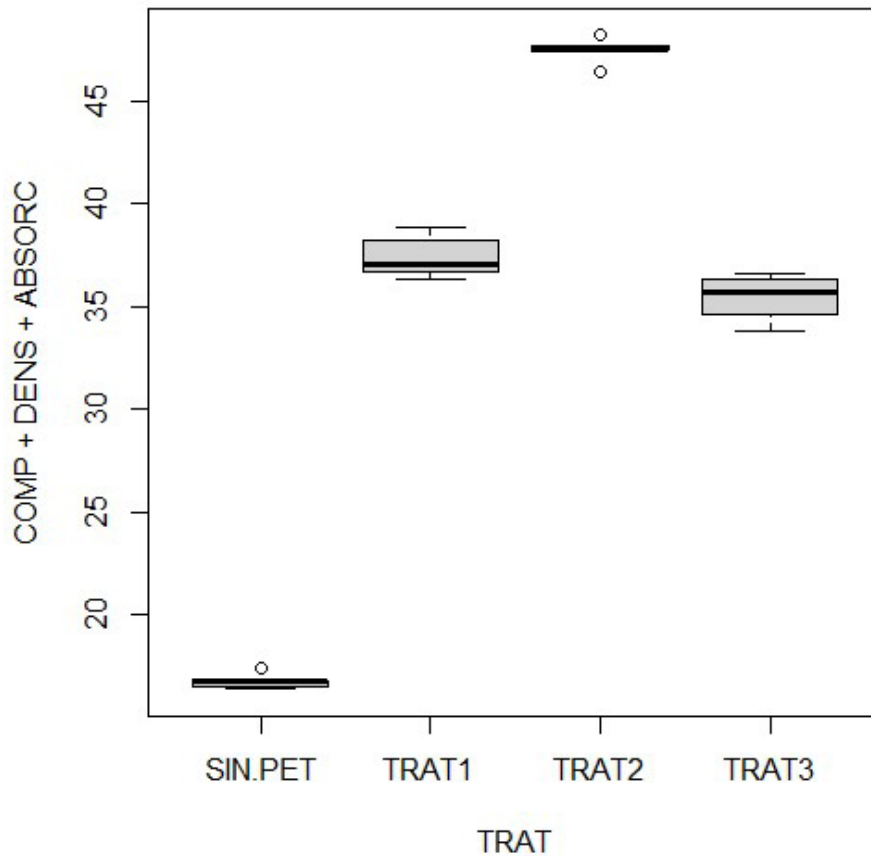
Ruiz, Torrado Gómez, & Hernández, 2017, pág. 132; Gareca, Andrade, Pool, Barrón, & Villalpando, 2020).

Densidad: En concordancia con Rueda (2014) y Gareca, Andrade, Pool, Barrón, & Villalpando (2020), los ladrillos con incorporación de PET resultan siendo más livianos que los ladrillos comunes. En este caso, se observó que la probeta con mayor densidad corresponde a la dosificación sin incorporación de PET con un promedio de $1,95 \text{ g/cm}^3$. Por otro lado, la probeta de menor densidad corresponde a la dosificación 3 (TRAT 3) con 4% de PET; aunque esta menor densidad afecta la resistencia a la compresión que llega a 24 kg/cm^2 . Sin embargo, a pesar de su bajo valor, esta dosificación cumple con la norma boliviana, aunque sea la más baja del grupo.

Por tanto, se puede inferir que los ladrillos de suelo-cemento resultan siendo más pesados que los ladrillos cocidos, encontrándose que la densidad se encuentra fuera de los rangos establecidos por la norma Técnica Peruana NTP 331.017, que se hallan entre 1.5 y 1.7 g/cm^3 . Por tanto, una menor cantidad de PET, 2%, no contribuye a mejorar la estructura del ladrillo, de la misma manera, una mayor cantidad, más del 4%, debilita la estructura por la porosidad dando como resultado una baja resistencia a la compresión en ambos casos, así como al tratamiento testigo (SIN.PET), tal como se observa en la figura 2 (a).

Absorción: Se puede inferir que la dosificación con menor absorción de agua corresponde a la probeta de control (SIN.PET), con un 7,66% y la dosificación 1 (TRAT 1) con 2% de adición de PET con un 8,05%. Sin embargo, los resultados en todos los tratamientos se encuentran dentro del rango establecido por la norma Técnica Colombiana NTC 4017 (ICONTEC, 2019) y la norma chilena 169 (COPANT, 2001), que indican que debe ser menor o igual al 12%, así como norma Técnica Peruana NTP 331.017 (Ministerio de Vivienda, 2006) para ladrillos de concreto no estructurales la cual indica que debe ser menor o igual a 15%.

Figura 3. Comparación de los resultados de las variables respuestas (compresión+densidad+absorción) en relación con la variable independiente (tratamiento testigo, probeta sin adición de PET).



Esta figura nos muestra que la dosificación 2 (TRAT2) es la más efectiva comparativamente, es decir, que de acuerdo con las características físico-mecánicas analizadas, la dosificación 2 (TRAT2) supera a las demás, incluso al tratamiento testigo (SIN.PET), cumple las características físico-mecánicas de las normas en relación al ladrillo de hormigón sin adición de PET.

Así mismo, en el análisis de cuantiles realizado en RStudio, se examinaron los datos con el objetivo de comprender su distribución y evaluar la idoneidad del modelo de regresión lineal aplicado a la comparación de los cuatro tratamientos aplicados. La gráfica mostró que los puntos de datos se distribuyeron aproximadamente en una línea recta con escasa desviación. Esta alineación

sugiere que los datos siguen una distribución normal, lo que valida las inferencias realizadas en cuanto a los resultados obtenidos.

No se observaron patrones evidentes en los residuos, esto indica que los errores del modelo no están relacionados con los valores ajustados ni con el orden de las observaciones, por tanto la ausencia de patrones nos indica que el modelo es apropiado.

No se identificaron valores atípicos o influyentes que hayan afectado significativamente al modelo, que es positivo, ya que valores extremos pudieron distorsionar las estimaciones y predicciones. Por tanto, la robustez del modelo ante valores atípicos es un indicador de su confiabilidad, los resultados sugieren que el modelo cumple con

los supuestos básicos de la regresión lineal, como la normalidad de los residuos y la ausencia de patrones sistemáticos.

Al comparar los valores ajustados del modelo con los cuantiles teóricos de una distribución normal, se verificó que los valores ajustados siguieron una distribución similar, la concordancia entre los valores ajustados y los cuantiles teóricos respalda la hipótesis de normalidad.

Conclusiones

- El comportamiento físico-mecánico de los ladrillos de suelo-cemento con incorporación de PET cumplen con las normas básicas de ladrillos cocidos, es decir, con los rangos exigidos por las normas técnicas, de esta forma se podría recuperar no sólo técnicas ancestrales, sino el mejoramiento de las propiedades de los ladrillos con suelo natural común, que además de tener propiedades mecánicas y físicas óptimas para muros no portantes, son de bajo impacto ambiental y asequibles, insertándose a un mercado que busca materiales no contaminantes y económicos.

- La incorporación de PET no mayor ni menor al 3% mejora la resistencia a la compresión de los ladrillos, de esta manera se puede obtener ladrillos ecológicos que no contaminen el medio ambiente, mediante la cocción en la elaboración, además de las bondades del suelo natural como: inercia térmica, propiedad acústica y vida circular de este material.

- Es posible obtener ladrillos realizados de manera manual y con bajo costo, considerando que la adición de cemento es tan sólo del 10% y el PET es asequible porque se encuentra como residuo sólido usualmente convertido en basura y contaminando el medio ambiente, esto posibilitaría la vida circular de este material en el área de la construcción.

- En relación con el grado de absorción, aspecto que es importante para zonas lluviosas debido a la humedad que afecta a los muros, se puede inferir

que, a pesar de las variaciones en la absorción de agua entre las diferentes dosificaciones, todas cumplen con los estándares establecidos por las normas técnicas internacionales y a nivel nacional para muros no portantes.

El porcentaje de absorción no supera el 9.13%, lo cual está por debajo del rango aceptable de 12% al 15%.

Agradecimientos

A la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, mediante la Dirección de Ciencia y Tecnología e Innovación que hizo posible el apoyo económico.

A los estudiantes de la carrera de Diseño de interiores de la asignatura de Metodología de investigación, quienes hicieron la recolección de suelo natural de diversas zonas de la ciudad de Sucre.

Bibliografía

Alvarez, G. (2023). Economía circular en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible, una oportunidad para la sinergia social. *TELOS: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Soci*, 25(3), 868-889. Obtenido de <https://www.researchgate.net/publication/373990636>
[ECONOMIA CIRCULAR EN EL MARCO DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE UNA OPORTUNIDAD PARA LA SINERGIA SOCIAL](#)

COPANT. (2001). NORMA CHILENA OFICIAL NCh169. Chile. Recuperado el 25 de Agosto de 2019, de file:///C:/Users/180415/Documents/Downloads/kupdf.net_nch0169-2001pdf.pdf

Costantini, A., & Franco, F. (2022). CONSTRUCCIÓN CON BLOQUES DE SUELO CEMENTO COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA ENVOLVENTE EDILICIA. *Rev. hábitat sustentable*, 12(1). Obtenido de

http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-07002022000100114

Gareca, M., Andrade, M., Pool, D., Barrón, F., & Villalpando, H. (2020). NUEVO MATERIAL SUSTENTABLE: LADRILLOS ECOLÓGICOS A BASE DE RESIDUOS INORGÁNICOS. *Revista Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(21). Obtenido de <https://www.bing.com/search?q=gareca+ladrillos+&qs=n&form=QBRE&sp=-1&pq=gareca+ladrillos+&sc=8-17&sk=&cvid=4126D9C47C3F43C8855A3A13A3CC65BD&ghsh=0&ghacc=0&ghpl=>

Gonçalves, J., Manesco Paixão, R., Ribeiro da Silva, J., Feltrim Aquotti, N., Da Silva, P., Perez Lizama, M., . . . De Moraes Filho, A. (2017). Caracterización física y mecánica de ladrillos de suelo cemento con la incorporación de diversos residuos. *IGEPEC*, 21(2), 182-196. Recuperado el 2022, de https://www.researchgate.net/publication/323401854_Caracterizacion_fisica_y_mecanica_de_ladrillos_de_suelo_cemento
[CARACTERIZACAO FISICA E MECANICA DE TIJOLOS DE SOLO-CIMENTO COM INCORPORACAO DE RESIDUOS DIVER](https://www.researchgate.net/publication/323401854_Caracterizacion_fisica_y_mecanica_de_ladrillos_de_suelo_cemento)

Herrera, M., Rocha, J., Zapata-Ampuero, N., & Murillo-Borda, W. (2022). EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLOS DE SUELO-CEMENTO. Congreso brasilero de patologías de construcciones. Fortaleza, Brasil. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Marialaura-Herrera/publication/343325866_EVALUACION_DE_LA_RESISTENCIA_A_LA_COMPRESION_DE_LADRILLOS_DE_SUELO-CEMENTO/links/627aa5d6b1ad9f66c8b1c6cb/EVALUACION-DE-LA-RESISTENCIA-A-LA-COMPRESION-DE-LADRILLOS-DE-SUELO-CEME

Holgado Cornejo, M., & Prado Salinas, R. (2015). DISEÑO, ELABORACION Y CONTROL DE LADRILLOS SUELO-CEMENTO PARA ALBAÑILERÍA NO

ESTRUCTURAL COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSTRUCCION [Tesis de grado]. Arequipa, Perú: UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARIA. Recuperado el 2023, de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_514b43a99b97eb88538459922eec6776/Details

ICONTEC. (2019). NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC-4205. Recuperado el 4 de Octubre de 2019, de KUPDF: [file:///C:/Users/180415/Documents/Downloads/kupdf.net/norma-tecnica-colombiana-ntc-4205%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/180415/Documents/Downloads/kupdf.net/norma-tecnica-colombiana-ntc-4205%20(1).pdf)

Instituto Boliviano de Normalizacion y Calidad - IBNORCA. (2013). IBNORCA NORMA BOLIVIANA APNB 1211001 . Ladrillos cerámicos - Ladrillos Huecos - Clasificación y requisito. Bolivia. Obtenido de <https://idoc.pub/documents/ibnorca-ladrillos-norma-boliviana-apnb-1211001-wl12q53w2j4j>

Martínez, A., & Cote, M. (2014). Diseño y Fabricación de Ladrillo Reutilizando Materiales a Base de PET. *Inge Cuc.*, 10(2), 76-80. Recuperado el 2022, de <https://revistascientificas.cuc.edu.co/ingecuc/article/view/493>

Ministerio de interior, obras públicas y vivienda de Argentina. (2019). Manual de vivienda sustentable. Argentina. Recuperado el 2022, de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_de_vivienda_sustentable_2.pdf

Ministerio de Vivienda. (2006). NORMA TECNICA E. 070 ALBAÑILERIA . Perú. Recuperado el 4 de Septiembre de 2019, de INDECOPI : <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/82/2008/01/Norma-E-070-MV-2006.pdf>

Pertuz, A. (2010). CONSTRUCCIÓN Y MEDIO AMBIENTEI. *Revista Módulo*, 1(9). Recuperado el 2022, de <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/2742>

Santafe Lugo, E. (2022). Polímeros reciclados "PET" en la elaboración de bloques para mampostería no portante en Bogotá. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada.

Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/41543>

Santillán , N. (2018). LADRILLOS ELABORADOS CON MORTERO DE ARCILLA

Y CEMENTO PORTLAND TIPO I [Tesis de pregrado]. Ecuador: UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/4815>