

Revestimiento decorativo para muros interiores con integración de polímeros reciclados (PP/HDPE) para edificaciones de bajo costo

Camila Rado Chumacero¹; Elmer Ccoa Alvarez²; Valkiria Ibárcena Ibárcena³
^{1,2,3}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, camila.rado2606@gmail.com, ccoahvarezelmer@gmail.com,
valkirie.ibarcena@gmail.com

Resumen– El presente estudio abordó el problema del elevado costo e impacto ambiental asociado a los revestimientos decorativos convencionales para muros interiores, planteando como objetivo el desarrollo de un revestimiento accesible y sostenible mediante la incorporación de polímeros reciclados (PP y HDPE). Se adoptó una metodología cuantitativa con un diseño pre experimental, a partir del cual se elaboraron seis prototipos, seleccionando tres para ser evaluados mediante ensayos físicos y químicos, conforme a las normas ISO 10545 y NTP 399.611. Los resultados evidenciaron un comportamiento técnico favorable: los prototipos presentaron baja absorción de agua (entre 2.4 % y 3.1 %), buena resistencia estructural con deformaciones mínimas en flexión (-2.43×10^{-11} m a 2.78×10^{-8} m) y estabilidad térmica con temperatura promedio de 5.09 °C sin evidencia de cuarteo. En los ensayos químicos, alcanzaron la clasificación más alta (Clase 5 y UA) frente a agentes como yodo, aceite, ácido clorhídrico al 3 %, hidróxido de potasio y cloruro de amonio, y clasificación UB ante compuestos más agresivos como HCl al 18 % y KOH a 100 g/L. La prueba de adherencia mostró un 100 % de unión efectiva al sustrato. En conjunto, los prototipos demostraron una estructura estable, durabilidad frente a condiciones de uso doméstico y comportamiento uniforme, validando esta propuesta como una alternativa técnica, ecológica y funcionalmente viable, que además contribuye a la reducción de residuos plásticos y al aprovechamiento sostenible de materiales reciclados en el sector construcción.

Palabras clave– revestimiento decorativo, plástico reciclado, polímeros, interiores.

I. INTRODUCCIÓN

En el sector de la construcción, los recubrimientos decorativos convencionales para interiores, como cerámicos, maderas tratadas y pinturas especiales, presentan altos costos tanto en materiales como en instalación, lo que limita su accesibilidad, especialmente en proyectos de bajo presupuesto. Según el Banco Interamericano de Desarrollo [1], los acabados representan entre el 15 % y el 25 % del costo total de una vivienda. Asimismo, el uso de materiales importados o de alto valor estético incrementa aún más estos costos, restringiendo su aplicación en sectores de bajos ingresos [2], [3].

En el contexto peruano, esta problemática se intensifica debido a las limitaciones económicas y a la necesidad de soluciones constructivas accesibles. De acuerdo con la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) [4], los costos de edificación continúan en aumento, afectando principalmente a la vivienda de interés social. Paralelamente, el Perú enfrenta

desafíos significativos en la gestión de residuos sólidos, particularmente plásticos, cuya tasa de reciclaje sigue siendo reducida en comparación con los volúmenes generados. Esta situación evidencia una oportunidad para la valorización de residuos plásticos mediante su incorporación en materiales de construcción, contribuyendo tanto a la reducción de costos como a la sostenibilidad ambiental.

A nivel global, la tasa de reciclaje de plásticos es insuficiente, con menos del 10 % reciclado efectivamente, lo que genera una acumulación de desechos que impacta negativamente en los ecosistemas [5]. Esta problemática se ve agravada por la falta de infraestructura adecuada, normativas claras y procesos tecnológicos que permitan integrar estos residuos en productos de alto rendimiento y durabilidad.

Ante este escenario, diversas investigaciones han explorado el desarrollo de materiales sostenibles mediante la incorporación de residuos plásticos en matrices cementicias. Estudios como [6], [7] han demostrado que la adición de fibras plásticas puede reducir la conductividad térmica del concreto al sustituir parcialmente la arena [8]. De manera complementaria, Turner et al. [9] propusieron compuestos poliméricos para aplicaciones en infraestructura utilizando residuos de PET [10] y PP, obteniendo mejoras en propiedades mecánicas, durabilidad y comportamiento frente a altas temperaturas [11], [12], así como mejoras en el aislamiento térmico mediante el uso de materiales termoplásticos [13]. Asimismo, investigaciones recientes han explorado la incorporación de PET en sistemas constructivos tradicionales como el adobe, mejorando el confort térmico en viviendas altoandinas [14].

En cuanto a la caracterización del comportamiento de estos materiales, el análisis morfológico ha sido ampliamente utilizado para estudiar la distribución de fibras recicladas dentro de la matriz cementicia [15]. En esta línea, Ahmed y Tobbala [16] compararon concretos reforzados con fibras de PET reciclado y polipropileno, mientras que Beytekin et al. [17] analizaron el efecto del tamaño y tipo de fibra en paneles de hormigón ligero, evidenciando que combinaciones adecuadas de materiales reciclados pueden mejorar el desempeño mecánico sin comprometer la estabilidad estructural.

Adicionalmente, se ha investigado la incorporación de polímeros reciclados como el polipropileno (PP), el polietileno de alta densidad (HDPE) [18], [19] y el PET en la fabricación de revestimientos arquitectónicos. Ahmed et al. [20] desarrollaron baldosas compuestas reforzadas con plásticos reciclados, logrando alta resistencia al impacto y a la compresión, mientras que Gagnon y Tremblay [21] diseñaron paneles de fachada a partir de residuos de poliolefinas, obteniendo materiales con propiedades adecuadas para aplicaciones exteriores. Estos estudios demuestran el potencial de los residuos plásticos para ser valorizados en elementos constructivos sostenibles.

No obstante, la mayoría de estas investigaciones se han enfocado en aplicaciones estructurales o en revestimientos exteriores, existiendo una limitada exploración en el desarrollo de revestimientos decorativos para interiores que combinen criterios técnicos, económicos y estéticos.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo desarrollar un revestimiento decorativo para muros interiores de edificaciones de bajo costo, mediante la incorporación de polímeros reciclados (PP y HDPE), evaluando su viabilidad a través de ensayos físicos, químicos y análisis estético. La propuesta busca no solo mejorar el desempeño técnico del material, sino también reducir el costo por metro cuadrado y aportar a la sostenibilidad ambiental mediante la reutilización de residuos plásticos, constituyéndose como una alternativa viable para el sector construcción en contextos como el peruano.

II. METODOLOGÍA

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño experimental de tipo preexperimental y corte transversal, orientado a la fabricación y evaluación de revestimientos decorativos cementicios modificados con polímeros reciclados de polipropileno (PP) y polietileno de alta densidad (HDPE). El proceso metodológico comprendió dos fases principales: (i) fabricación de prototipos y (ii) evaluación mediante ensayos físicos, químicos y simulación numérica.

A. Fase 1: Fabricación de los prototipos

Esta fase comprendió la selección de materiales, el diseño de mezclas y la elaboración de los revestimientos.

1) Materiales

Se emplearon los siguientes materiales:

- Cemento Portland Tipo I
- Arena fina natural (0.075 mm – 4.75 mm)
- Grava fina (tamaño máximo 9.5 mm)
- Agua potable

- Polímeros reciclados (PP y HDPE), provenientes de residuos postconsumo

Los polímeros fueron lavados, secados y triturados hasta obtener un tamaño de partícula entre 2 mm y 5 mm, favoreciendo su distribución en la matriz cementicia.

2) Diseño experimental y dosificación

Se realizaron seis ensayos preliminares, de los cuales se seleccionaron tres formulaciones finales debido a su estabilidad estructural.

Las mezclas consistieron en la sustitución parcial de la arena fina por polímeros reciclados, según:

- Prototipo 1: 10 % PP
- Prototipo 2: 15 % HDPE
- Prototipo 3: 15 % PP/HDPE

La relación agua/cemento (a/c) se mantuvo constante en 0.49, garantizando la trabajabilidad.

Cada prototipo se fabricó con dimensiones de $21.5 \times 21.5 \times 0.80$ cm.

Para asegurar la confiabilidad, se elaboraron tres réplicas por cada prototipo ($n = 3$).

3) Proceso de fabricación

El proceso se desarrolló en seis etapas:

1. Dosificación de materiales
2. Mezclado manual homogéneo
3. Moldeado en moldes rígidos
4. Compactación manual
5. Desmolde a las 24 horas
6. Curado controlado

El curado se realizó en condiciones de sombra, a una temperatura de 20 ± 2 °C y humedad relativa de 60 ± 5 %, durante 28 días.

Se evitó la exposición directa al sol para prevenir deformaciones por gradientes térmicos.

B. Fase 2: Evaluación experimental del desempeño

En esta fase se evaluaron las propiedades físicas, mecánicas, térmicas y químicas de los prototipos, así como su viabilidad económica.

1) Ensayos físicos

Se evaluó la resistencia de adherencia, conforme a la NTP 399.611:2001, mediante tracción perpendicular al plano del soporte.

Se determinó la absorción de agua, según la norma ISO 10545-3 [21], mediante inmersión total y cálculo del porcentaje de absorción.

Se analizaron la compresión y flexión mediante simulación numérica en ANSYS, considerando:

- Cargas estáticas
- Condiciones de borde representativas
- Propiedades mecánicas equivalentes

Se obtuvieron valores de esfuerzo (Von Mises) y deformaciones.

Se evaluó la resistencia al cuarteo térmico mediante simulación térmica en ANSYS aplicando:

- Flujo de calor constante
- Tiempo de exposición de 300 s

Se analizó la distribución de temperatura y gradientes térmicos.

2) Ensayos químicos

Se evaluó la resistencia a agentes de manchado, siguiendo la norma ISO 10545-14 [22], utilizando:

- Yodo
- Aceite de oliva

Tiempo de exposición: 24 horas.

Para evaluar la resistencia a ácidos y álcalis, se siguió la norma ISO 10545-13 [22], aplicando:

- HCl al 3 %
- KOH a 30 g/L

Para evaluar la resistencia a productos domésticos, se utilizó NH₄Cl a 100 g/L, con exposición de 24 horas.

Los resultados se clasificaron según los estándares normativos (UA, UB, Clase 5).

3) Análisis de viabilidad económica

Se realizó un análisis preliminar considerando:

- Costos de materiales
- Mano de obra
- Proceso de fabricación

Los resultados se compararon con precios del mercado peruano de revestimientos convencionales.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Fabricación de los prototipos

1) Dosificación del revestimiento

Para el prototipo 4 y 6 se utilizó la misma dosificación (Tabla 1), debido a que se utilizó el polímero HDPE y PP/HDPE al 15%, respectivamente. A diferencia del prototipo 1 que se utilizó PP al 10%.

TABLA I
TABLA DE DOSIFICACIÓN

Prototipo*	Materiales						
	Cemento Portland Tipo I (kg)	Arena fina (kg)	Agua (ml)	Grava (kg)	Polímero (kg)	Fragua (kg)	Peso total (kg)
1	0.15	0.23	73.88	0.39	0.01	0.09	0.94
2	0.15	0.22	73.88	0.65	0.02	0.09	0.94
3	0.15	0.22	73.88	0.65	0.02	0.09	0.94

*Prototipo 1: PP 10%, Prototipo 2: HDPE 15%, Prototipo 3: HDPE / PP 15%,

El proceso de fabricación consta de seis etapas (Figura 1). El tiempo activo de mano de obra establecido por 1 persona fabricando artesanalmente el material, conlleva un aproximado de un jornal de 7 horas con 10 minutos para 3 muestras hasta la etapa del curado inicial, tiempo pasivo de 8 días y 9 horas. Cabe indicar que el tiempo para el curado final el mínimo es 7 días, pero el ideal es de 28 días, lo que podría incidir en conseguir un mejor acabado a los 36 días aproximadamente.

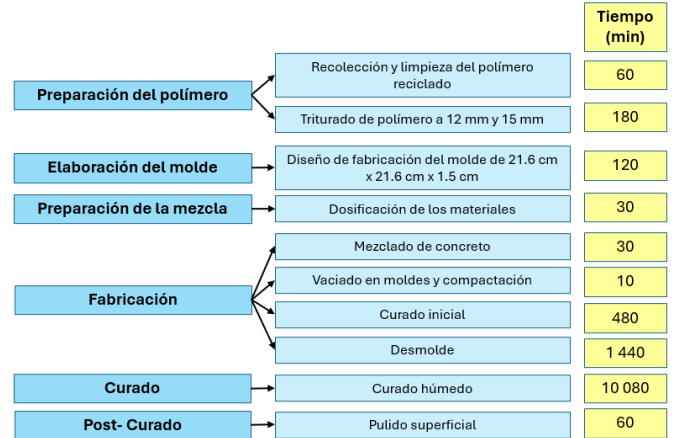


Fig. 1 Proceso de fabricación de prototipos con PP y HDPE

2) Comportamiento durante el proceso de fabricación

Durante la fabricación de los prototipos se identificaron diferencias relevantes en el comportamiento físico asociadas principalmente a las condiciones de curado. Las muestras expuestas directamente a radiación solar presentaron deformaciones visibles, tales como curvaturas y alabeos, mientras que aquellas curadas en condiciones de sombra mantuvieron su estabilidad dimensional.

Este comportamiento se explica por la generación de gradientes térmicos no uniformes durante el secado, los cuales inducen tensiones internas en la matriz cementicia. En

contraste, el curado controlado favorece una hidratación más homogénea del cemento, reduciendo la aparición de fisuras y deformaciones.

Desde una perspectiva aplicada, este resultado evidencia que el control del curado es un factor crítico en la fabricación de este tipo de revestimientos, especialmente en contextos como el peruano, donde las condiciones climáticas (alta radiación solar en ciudades como Arequipa) pueden afectar significativamente el desempeño del material.

3) Selección cromática y percepción espacial

La selección cromática de los prototipos respondió a criterios de percepción espacial y confort visual. Los tonos neutros (Pantone Cool Gray 1 C y 428 C) favorecen la sensación de amplitud y limpieza, mientras que tonalidades cálidas (Pantone 4645 C) contribuyen a generar confort térmico percibido en climas fríos (Figura 2).

Si bien este aspecto no incide directamente en el comportamiento físico del material, sí representa un valor agregado en términos de diseño arquitectónico, permitiendo integrar criterios técnicos y estéticos en soluciones de bajo costo.



Fig. 2 a) Prototipo 4 color Pantone 428 C - HDPE 15% b) Prototipo 1 color Pantone Cool Gray 1 C - PP 10% c) Prototipo #6 color Pantone 4645 C - PP/HDPE 15%

B. Ensayos físicos

1) Resistencia de adherencia a tracción perpendicular al plano del soporte

Los tres prototipos evaluados presentaron una adherencia del 100 %, sin evidencias de desprendimiento ni fisuración en las zonas de contacto con el sustrato.

Este resultado sugiere una adecuada interacción entre la matriz cementicia y los polímeros reciclados, lo cual puede atribuirse al efecto de microanclaje mecánico generado por la geometría irregular de las partículas del PP y HDPE.

En comparación con estudios previos, como [20], donde se reportaron valores entre 92 % y 96 %, los resultados obtenidos evidencian un desempeño superior. Esto podría estar asociado a una mejor distribución del polímero dentro de la mezcla o a condiciones de curado más controladas.

Desde una perspectiva aplicada, una alta adherencia garantiza la seguridad y durabilidad del revestimiento en muros interiores, reduciendo riesgos de desprendimiento y mantenimiento (Figura 3).



Fig.3 Adherencia por tracción perpendicular

2) Absorción de agua

Los valores de absorción oscilaron entre 2.4 % y 3.1 %, con una desviación estándar inferior a 0.1 %, lo que indica una alta uniformidad entre las muestras.

Estos valores se encuentran significativamente por debajo del límite normativo (≤ 6 %), lo que evidencia una baja porosidad efectiva del material. Este comportamiento puede explicarse por la naturaleza hidrofóbica de los polímeros (PP y HDPE), los cuales reducen la conectividad capilar dentro de la matriz cementicia.

En comparación con la literatura, los resultados son consistentes con [21] (2.3 %–3.5 %) y [18] (3 %–4 %), e incluso ligeramente mejores en el caso del prototipo con HDPE. Esto sugiere que la incorporación de estos polímeros no solo mantiene, sino que optimiza la resistencia a la absorción de agua.

En términos de aplicación, esta propiedad es clave para su uso en ambientes interiores húmedos, como cocinas y baños, donde la durabilidad frente a la humedad es determinante.

3) Resistencia a la compresión

Los prototipos presentaron un esfuerzo equivalente máximo de 9.76×10^8 Pa, con una distribución homogénea de tensiones y ausencia de concentraciones críticas (Figura 4).

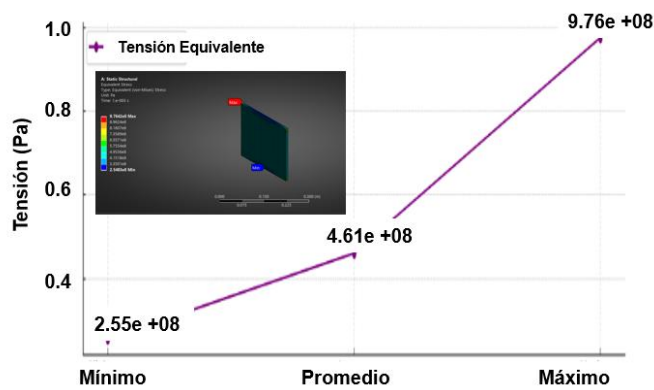


Fig. 4 Resistencia a la compresión mediante ANSYS

Este comportamiento indica que la incorporación de polímeros reciclados no compromete la capacidad estructural del material, sino que contribuye a una mejor redistribución de esfuerzos, posiblemente debido a la interacción entre fases rígidas (cemento) y dúctiles (polímeros).

Aunque los valores reportados por [22] son ligeramente superiores, los resultados obtenidos en este estudio evidencian una mayor estabilidad mecánica, con menor dispersión de tensiones, lo que sugiere un comportamiento mecánico más homogéneo y predecible bajo condiciones de carga.

Desde el punto de vista constructivo, esto confirma la viabilidad del material como revestimiento capaz de soportar cargas de servicio sin fallas estructurales.

4) Resistencia a la flexión

Los desplazamientos registrados (máximo: 2.78×10^{-8} m) evidencian un comportamiento altamente estable frente a cargas de flexión (Figura 5).

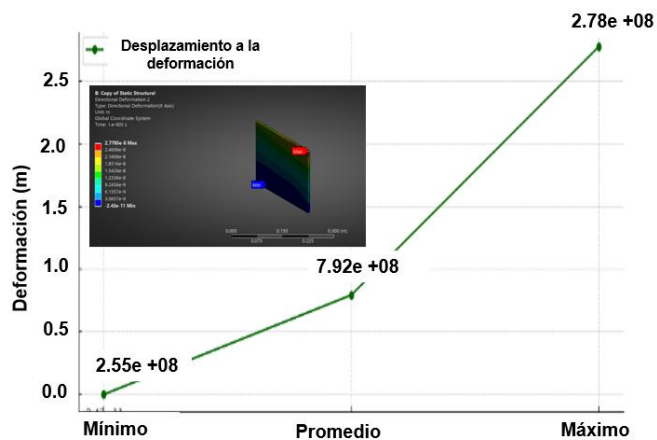


Fig. 5 Deformación direccional máxima

Este resultado sugiere que los polímeros reciclados actúan como elementos de refuerzo interno, mejorando la capacidad del material para redistribuir tensiones y evitar fallas frágiles.

Este comportamiento es coherente con lo reportado por [20], quienes destacan el aumento de tenacidad en materiales con HDPE.

Asimismo, la baja deformación observada indica que el material posee una adecuada rigidez, lo que es deseable en revestimientos que deben mantener su integridad dimensional.

5) Resistencia al cuarteo térmico

La distribución térmica uniforme (temperatura promedio de 5.09 °C) y la ausencia de fisuración indican un comportamiento estable frente a gradientes térmicos (Figura 6).

Este resultado puede explicarse por la conductividad térmica intermedia de los polímeros, que permite una disipación progresiva del calor, evitando concentraciones térmicas.

En comparación con [19] y [20], donde se reporta resistencia a ciclos térmicos más severos, los resultados obtenidos confirman una tendencia consistente, aunque bajo condiciones menos exigentes.

Esto sugiere que el material es adecuado para ambientes interiores con variaciones térmicas moderadas, aunque se recomienda evaluar su desempeño en condiciones más extremas en futuras investigaciones.

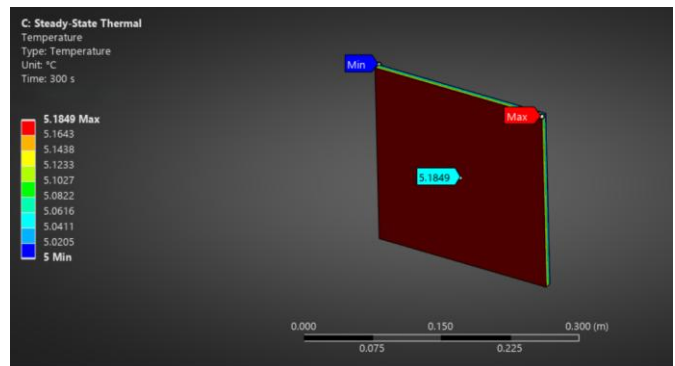


Fig. 6 Aplicación de choque térmico en cara expuesta mediante simulación ANSYS

C. Ensayos químicos

1) Resistencia a los agentes de alteración superficial

El ensayo de resistencia al manchado con yodo (Figura 7), realizado conforme a la norma ISO 10545-14, evidenció un comportamiento altamente favorable en los tres prototipos. Los niveles de manchado registrados fueron del 4 % en el prototipo con PP, 3 % en el prototipo con HDPE y 2 % en el prototipo mixto PP/HDPE.

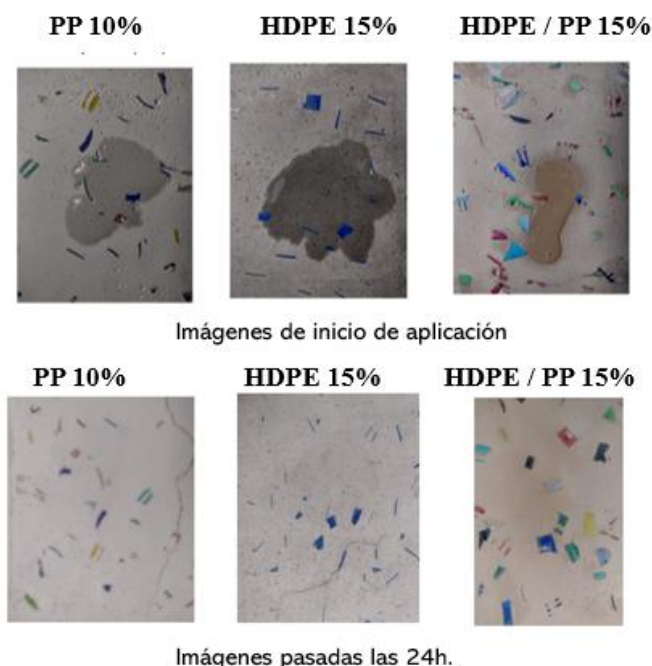


Fig.7 Aplicación de yodo en los diferentes prototipos

Todos los prototipos alcanzaron la clasificación Clase 5, correspondiente al nivel más alto de resistencia superficial, lo que indica una mínima penetración del agente colorante y una elevada facilidad de limpieza. Este comportamiento puede atribuirse a la baja porosidad superficial del material y a la naturaleza hidrofóbica de los polímeros incorporados, que limitan la absorción de sustancias líquidas.

En comparación con estudios previos, como [19], donde se reportaron niveles de manchado entre 5 % y 10 % en materiales con polímeros reciclados, los resultados obtenidos en este estudio evidencian un desempeño superior, particularmente en el prototipo mixto. Esto sugiere que la combinación del PP y HDPE favorece una microestructura más densa y menos permeable, optimizando la resistencia al manchado.

Desde una perspectiva aplicada, esta propiedad resulta especialmente relevante en revestimientos interiores, donde la exposición a agentes colorantes es frecuente, contribuyendo a una mayor durabilidad estética del material.

Por otro lado, el ensayo de resistencia al manchado con aceite de oliva (Figura 8), también desarrollado conforme a la norma ISO 10545-14, permitió evaluar el comportamiento del material frente a sustancias oleosas, representativas de condiciones domésticas reales.

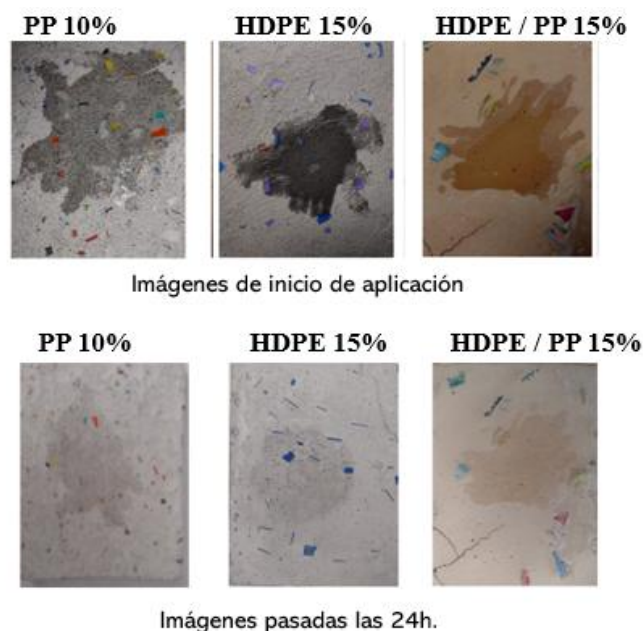


Fig. 8 Aplicación de aceite de oliva en los diferentes prototipos

Tras un período de exposición de 24 horas y posterior limpieza con agua caliente sin abrasivos, se registraron niveles de manchado del 4 % en el prototipo con PP, 2 % en el prototipo con HDPE y 3 % en el prototipo mixto PP/HDPE. Al igual que en el ensayo con yodo, todos los prototipos alcanzaron la clasificación Clase 5, evidenciando una alta resistencia superficial.

La menor absorción observada en el prototipo con HDPE puede explicarse por su mayor carácter hidrofóbico, lo que reduce la afinidad con sustancias oleosas. Este comportamiento es consistente con lo reportado por [19], quienes identificaron niveles de manchado entre 3 % y 5 % en materiales con HDPE reciclado.

Asimismo, en comparación con [20] y [21], donde se reportan valores cercanos al 6 % para mezclas con PP, los resultados obtenidos en este estudio reflejan un mejor desempeño superficial, posiblemente asociado a una menor porosidad y una mejor integración del polímero en la matriz cementicia.

En términos de aplicación, esta propiedad es particularmente relevante para espacios como cocinas, donde la exposición a aceites es frecuente, reforzando la viabilidad del material en condiciones reales de uso.

2) Resistencia a los ácidos y álcalis de baja concentración

Los prototipos alcanzaron la clasificación UA, mostrando una mínima alteración superficial (<3 % en la mayoría de los casos) (Figura 9).

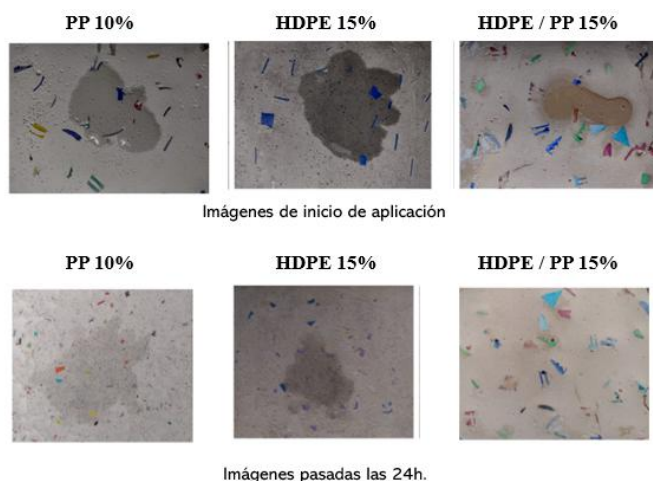


Fig. 9 Aplicación de hidróxido de potasio (KOH) a 100g/l en los diferentes prototipos

Este comportamiento refleja una alta estabilidad química, atribuible a la baja reactividad de los polímeros reciclados (PP y HDPE) frente a agentes agresivos, así como a su capacidad para reducir la permeabilidad de la matriz cementicia.

En comparación con estudios previos, como los reportados por Al-Azzawi y Al-Saffar [18], quienes observaron alteraciones superficiales de hasta el 6 % en baldosas con plásticos reciclados, y por Nurdiana y Tamrin [19], donde se registraron variaciones superiores al 10 % en mezclas con HDPE en condiciones alcalinas, los resultados obtenidos en esta investigación evidencian un desempeño superior, particularmente en el prototipo con HDPE.

Asimismo, investigaciones como las de Ahmed et al. [20] y Gagnon y Tremblay [21] reportan clasificaciones UA y UB en función de la proporción de polímero y la porosidad del material, lo que respalda la influencia de estos factores en la resistencia química. En este estudio, la baja alteración observada sugiere una mejor integración de los polímeros en la matriz cementicia, lo que contribuye a una mayor estabilidad frente a agentes ácidos y alcalinos.

En términos aplicados, estos resultados indican que el material desarrollado puede resistir adecuadamente la exposición a productos de limpieza comunes sin degradación significativa, lo que refuerza su viabilidad para uso en ambientes interiores.

3) Resistencia a los productos de uso doméstico

Las muestras fueron expuestas a una solución de cloruro de amonio (NH_4Cl) a 100 g/L durante 24 horas evidenciando alteraciones superficiales del 5 % en el prototipo con PP, del 4 % en el prototipo mixto PP/HDPE, y menores al 3 % en el prototipo de HDPE, siendo los tres clasificados como UA según la norma ISO 10545-13.

Estos niveles de afectación fueron inferiores a los reportados por [20], quienes observaron variaciones visuales de entre 4 % y 6 % destacando el HDPE reciclado con una alta estabilidad química y baja permeabilidad [19] frente a sales amoniacales, conservando su integridad superficial tras ensayos con productos de limpieza [20].

Este resultado confirma la compatibilidad del material con condiciones reales de uso doméstico, lo que refuerza su aplicabilidad en viviendas.

D) Análisis de viabilidad económica

El costo estimado del revestimiento fue de aproximadamente 7 USD/m², lo que representa una reducción de hasta un 40 % respecto a revestimientos convencionales en el mercado peruano (10–20 USD/m²).

Esta reducción se debe principalmente a la sustitución parcial de agregados por polímeros reciclados y a la simplificación del proceso productivo.

Desde una perspectiva socioeconómica, este resultado es altamente relevante, ya que posiciona al material como una alternativa viable para viviendas de bajo costo, contribuyendo además a la valorización de residuos plásticos.

IV. CONCLUSIONES

Este estudio aporta con la innovación de un revestimiento decorativo para muros interiores a partir de polímeros reciclados (PP y HDPE), constituyéndose en una alternativa técnica, económica y ambientalmente viable frente a los recubrimientos convencionales. A lo largo del estudio, se diseñaron y evaluaron prototipos que integraron dichos polímeros, comprobando su desempeño a través de ensayos físicos y químicos.

Se verificó el cumplimiento normativo del 100% a nivel de adherencia y que los valores de absorción de agua se encontraron entre 2.4 % y 3.1 %, cumpliendo con los límites establecidos por la norma ISO 10545-3. Además, los ensayos de resistencia a la compresión arrojaron esfuerzos máximos de 9.76×10^8 Pa, mientras que los desplazamientos por flexión se mantuvieron en niveles mínimos (7.92×10^{-9} m), lo que reflejó una buena capacidad estructural. Asimismo, las

simulaciones térmicas demostraron una temperatura estable promedio de 5.09 °C sin presencia de cuarteo, lo cual evidenció una alta estabilidad frente a gradientes térmicos.

En los ensayos químicos, todos los prototipos alcanzaron la clasificación más alta (Clase 5 y UA) frente a agentes como yodo, aceite, ácido clorhídrico al 3 %, KOH a 30 g/L y cloruro de amonio, mientras que frente a soluciones más agresivas como el HCl al 18 % y el KOH a 100 g/L obtuvieron clasificación UB, manteniendo su integridad superficial.

Se recomienda que futuras investigaciones aborden de forma más específica la influencia del tipo de curado y temperatura ambiental en el desempeño estructural y dimensional del revestimiento. Asimismo, se plantea como línea de estudio el uso de cámaras térmicas, aditivos estabilizantes, nuevas proporciones poliméricas y evaluaciones a largo plazo frente a agentes físicos y químicos en condiciones reales de uso. Estas investigaciones permitirán optimizar el diseño y producción de revestimientos sostenibles, maximizando tanto su funcionalidad como su vida útil en aplicaciones arquitectónicas.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su agradecimiento a la Universidad Tecnológica del Perú (UTP) por el apoyo institucional brindado para el desarrollo de la presente investigación, así como al Arq. Luis Portilla Cordova por sus alcances y recomendaciones para hacer posible este artículo.

REFERENCES

- [1] Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), "El Informe Económico de la Construcción (IEC), n.º 75," versión digital, Lima, Perú, 2024. [En línea]. Disponible: https://iec.capeco.org/descargas/IEC75_0324.pdf. Accedido: dic. 17, 2025.
- [2] L. Miranda, E. Neira, R. Torres y R. Valdivia, "La construcción sostenible en el Perú," Consorcio de Investigación Económica y Social (CIES), oct. 2018. [En línea]. Disponible: https://cies.org.pe/wp-content/uploads/2018/12/la_construccion_sostenible_en_el_peru.pdf. Accedido: dic. 17, 2025.
- [3] L. I. Paredes, J. C. Quispe y V. I. Ibárcena, "Eco-Friendly Thermal Panel for Low-Cost Housing in Cold Climates," en *Proceedings of the 2025 IEEE XXXII International Conference on Electronics, Electrical Engineering and Computing (INTERCON)*, Arequipa, 2025, pp. 1–7, doi: 10.1109/INTERCON67304.2025.11244694.
- [4] Ellen MacArthur Foundation, World Economic Forum, y McKinsey & Company, *The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics*, Ellen MacArthur Foundation, Cowes, Reino Unido, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics> [Accedido: 15-dic-2025].
- [5] G. O. Bamigboye, K. Tarverdi, A. Umoren, D. E. Bassey, U. Okorie y J. Adediran, "Evaluation of eco-concretes containing PET waste as fine aggregate," *Cleaner Materials*, vol. 2, art. no. 100026, 2021, doi: 10.1016/j.clema.2021.100026.
- [6] A. Poonyakan, M. Rachakornkij, M. Wecharatana y W. Smittakorn, "Utilization of plastic waste in concrete: A review on thermal conductivity," *Materials*, vol. 11, no. 10, art. no. 1938, 2018, doi: 10.3390/ma11101938.
- [7] K. Křížová, Š. Baránek, J. Bubeník y T. Mazán, "Study of the behaviour of recycled and traditional fibres in cement composite at extreme temperatures," *Journal of Building Engineering*, vol. 95, art. no. 110134, 2024, doi: 10.1016/j.jobe.2024.110134.
- [8] M. Marques, D. Guimarães, R. M. C. Santana y Â. G. Graeff, "Potential use of PET and PP as partial replacement of sand in structural concrete," *Matéria (Rio de Janeiro)*, vol. 26, no. 3, 2021, doi: 10.1590/S1517-707620210003.13009.
- [9] R. Turner, C. Kelly, R. Fox y B. Hopkins, "Reformative polymeric compounds from waste plastics: Infrastructure applications," *Recycling*, vol. 3, no. 4, art. no. 54, 2018, doi: 10.3390/recycling3040054.
- [10] G. Lazorenko, A. Kasprzhitskii y E. H. Fini, "Waste polyethylene terephthalate (PET) as a substitute for natural aggregates in geopolymer mortar production," *Journal of Cleaner Production*, vol. 375, art. no. 134083, 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.134083.
- [11] X. Yao, Y. Han, L. Shen y D. Zhu, "Experimental study on the effect of polypropylene fibers on the compressive strength and fracture properties of high-strength concrete after elevated temperatures," *Journal of Building Engineering*, vol. 86, art. no. 108860, 2024, doi: 10.1016/j.jobe.2024.108860.
- [12] J. Bošnjak, A. Sharma y K. Grauf, "Mechanical properties of concrete with steel and polypropylene fibers at elevated temperatures," *Fibers*, vol. 7, no. 2, art. no. 9, 2019, doi: 10.3390/fib7020009.
- [13] A. A. Fomina, V. M. Shestopalov, S. V. Yakushev y D. V. Sokolov, "Construction compositions based on thermoplastic waste," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 365, no. 5, art. no. 052015, 2018, doi: 10.1088/1757-899X/365/5/052015.
- [14] L. Hanco Chire, I. Mansilla Cárdenas, P. Delgado Meneses y V. Ibárcena Ibárcena, "Comparison of thermal conductivity of traditional and PET reinforced adobe masonry units to improve thermal comfort in buildings," en *Proceedings of the 4th LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development (LEIRD 2024): "Creating Solutions for a Sustainable Future: Technology-Based Entrepreneurship"*, 2024, doi: 10.18687/LEIRD2024.1.1.755.
- [15] C. Signorini y A. Nobili, "Durability of fiber reinforced cementitious composites (FRCC) including recycled synthetic fibers and rubber aggregates," *Applications in Engineering Science*, vol. 9, art. no. 100077, 2022, doi: 10.1016/j.apples.2021.100077.
- [16] T. I. Ahmed y D. E. Tobbala, "Rubberized lightweight concrete containing recycled PET fiber versus macro polypropylene fiber: SEM, mechanical, thermal conductivity and electrochemical resistance comparison," *Construction and Building Materials*, vol. 415, art. no. 135010, 2024, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2024.135010.
- [17] H. E. Beytekin, Y. Kaya, A. Mardani y F. Ş. Sezer, "Effect of fiber type, size, and usage rate on mechanical and thermal properties of lightweight concrete façade panels," *Structural Concrete*, 2024, doi: 10.1002/suco.202300826.
- [18] A. Al-Azzawi y D. Al-Saffar, "Producing eco-friendly tiles from recycled plastic generated from municipal solid waste," *Environmental Research, Engineering and Management*, vol. 80, no. 1, pp. 56–65, 2024.
- [19] J. Nurdiana y T. Tamrin, "The effect of recycled HDPE plastic additions on concrete performance," *Recycling*, vol. 6, no. 1, art. no. 18, 2021, doi: 10.3390/recycling6010018.
- [20] A. W. Ahmed, R. E. Mohamed, A. H. Hashim y M. F. Ali, "Composite construction tiles manufactured from PET and other waste plastics reinforced with polycarbonate and study their mechanical properties," *Pharmacognosy Journal*, vol. 16, no. 2, pp. 307–315, 2024.
- [21] Z. Belmokhtar, S. Sanchez-Diaz, P. Cousin, S. Elkoun y M. Robert, "Polyolefin-Based Cladding Panels from Discarded Fishing Ropes: A Sustainable Solution for Managing Fishing Gear Waste in Isolated Islands," *Waste*, vol. 2, no. 3, pp. 337–353, 2024, doi: 10.3390/waste2030019.
- [22] International Organization for Standardization, *ISO 10545: Ceramic tiles—Parts 1–16*, Geneva, Switzerland: ISO, 2014. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/62023.html>