



Artículo de divulgación científica

<https://doi.org/10.61767/mjte.004.2.0514>

Garrido-Hernández et al., 2025

Recibido: 23-03-2025

Revisado: 15-04-2025

Aceptado: 15-06-2025

Publicado: 30-08-2025

Fibras poliméricas recicladas en la construcción de viviendas

Recycled polymeric fibers in housing construction

Aristeo Garrido-Hernández^{1*}, Eduardo Sánchez-Ramírez², Lidia Chávez-Gerónimo², Giovanni García-Domínguez³

¹ Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, Departamento de Materiales, Av. San Pablo 420, Col. Nueva el Rosario, Azcapotzalco, Ciudad de México 02128, México.

² Universidad Tecnológica de Tecámac. Carretera Federal México-Pachuca Km. 37.5 Predio Sierra Hermosa, Tecámac, Estado de México 55740. México

³ Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, Emiliano Zapata S/N, El Trafico, Cdad. Nicolás Romero, Estado de México 54400, México.

*Correspondencia: agh@azc.uam.mx

Resumen

La vivienda ha desempeñado un papel esencial en el desarrollo de la civilización e imprescindible hasta el día de hoy. En el presente trabajo se aborda la evolución de las viviendas desde las estructuras nómadas con materiales rudimentarios hasta las modernas construcciones con concreto. A lo largo de la historia, el desarrollo de materiales ha sido clave para mejorar la seguridad y durabilidad de las viviendas. Hoy en día, la ciencia de los materiales sigue innovando con enfoques sostenibles, como el uso de fibras naturales y recicladas en concreto. En específico las fibras de tereftalato de polietileno reciclado demuestran ser útiles en el reforzamiento del concreto.

Palabras clave: Vivienda, fibras, sostenible.

Abstract

Housing has played an essential role in the development of civilization and remains indispensable to this day. This paper explores the evolution of housing, from nomadic structures made of rudimentary materials to modern constructions with concrete. Throughout history, the development of materials has been key to improving the safety and durability of homes. Materials science continues to innovate with sustainable approaches, such as using natural and recycled fibers in concrete. Specifically, recycled PET fibers have proven to be useful in reinforcing concrete.

Keywords: Housing, fibers, sustainability.



Artículo de divulgación científica

Garrido-Hernández et al., 2025

1. Introducción

En la actualidad, la vivienda representa el espacio de mayor importancia para el ser humano, ya que constituye la base de estabilidad y seguridad. Es en ella donde los individuos pueden sentirse bien, protegidos, seguros y saludables. El origen de la vivienda es tan antiguo como la civilización misma. Para ilustrar sus inicios, te invitamos a recorrer la línea de tiempo que se muestra en la Figura 1. La vivienda tiene su origen en la prehistoria, con los pueblos nómadas, hace aproximadamente 100 mil años. Estos grupos se desplazaban continuamente en busca de recursos para su sustento, por lo que sus viviendas eran estructuras muy vulnerables, elaboradas con materiales naturales disponibles en el entorno, tales como ramas, pieles de animales o aprovechando cuevas naturales.

Más adelante, en el período Neolítico, hace unos 10 mil años en Oriente Medio, los nómadas comenzaron a establecerse de manera fija, dando origen a los primeros pueblos sedentarios. Estos comenzaron a construir viviendas con materiales

más sólidos, como barro y paja, agrupándose en pequeños poblados ubicados en zonas elevadas para protegerse de inundaciones o ataques. Estas construcciones rudimentarias reflejaban la simplicidad de la época y respondían únicamente a necesidades básicas de refugio. A lo largo del tiempo, la construcción de viviendas evolucionó significativamente. Durante la Edad Media, por ejemplo, las viviendas en Europa adoptaron estructuras de madera y piedra, con techos de paja o tejas de barro; los castillos y fortalezas reflejaban no solo la necesidad de defensa, sino también la jerarquía social. Con la llegada del Renacimiento, la arquitectura incorporó elementos estéticos más elaborados, como arcos, columnas y detalles ornamentales.

En la era moderna, los avances en la ingeniería y los materiales permitieron la construcción de edificaciones más duraderas, resistentes y sofisticadas, empleando madera tratada, acero y concreto, lo que permitió el desarrollo de grandes edificios, viviendas verticales, y ciudades planeadas (Tuzi, 2023).

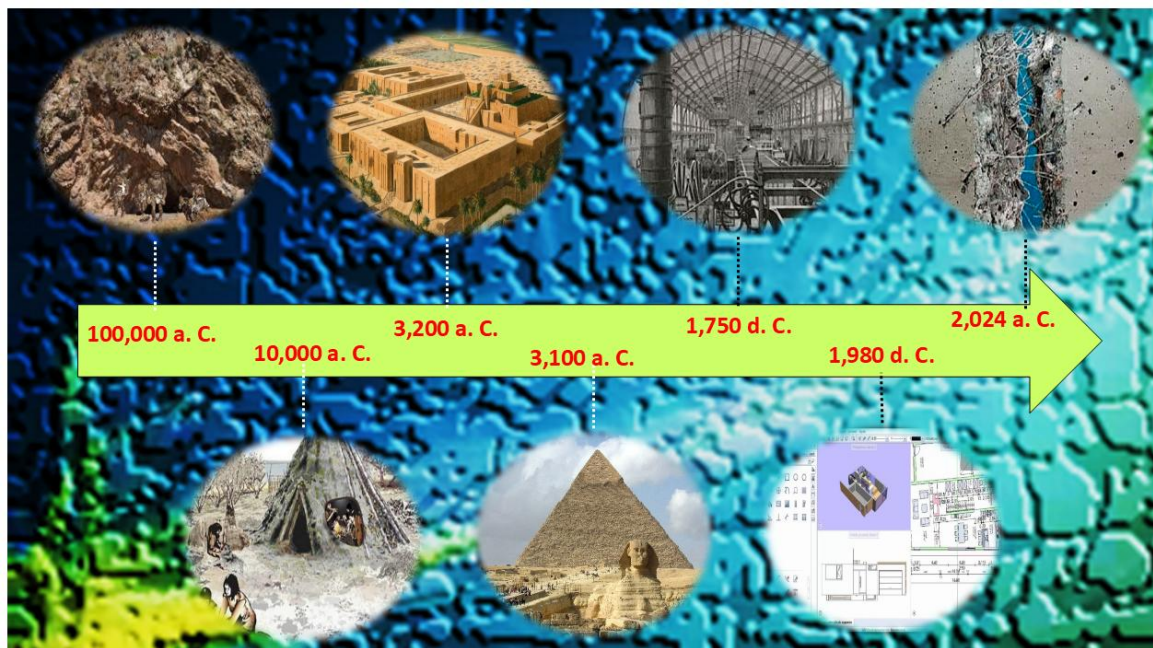


Figura 1. Línea del tiempo de la evolución del concreto. Fuente: elaboración propia.



Artículo de divulgación científica

Garrido-Hernández et al., 2025

Es notable que los materiales con los que se han construido viviendas han tenido una constante evolución, sin embargo, otros materiales se han conservado hasta la fecha derivado de su confiabilidad y durabilidad. En Mesopotamia, el uso de arcilla era una práctica común para la construcción de viviendas, mientras que, para estructuras más monumentales como palacios, se empleaban materiales como el adobe, los ladrillos y la madera. Por otro lado, en el antiguo Egipto, la escasez de madera impulsó el uso predominante de piedra y adobe en sus construcciones (Freire.,2021). Esta elección de materiales no solo estaba determinada por la disponibilidad, sino también por las condiciones geográficas y las necesidades específicas de cada cultura. En la actualidad, la tecnología y la innovación han transformado el paisaje de la construcción, proporcionando estructuras más seguras, eficientes y estéticamente atractivas.

Por otro lado, la tecnología y la innovación en la construcción de viviendas no están al alcance de todos, a pesar de que el acceso a una vivienda adecuada y asequible es un derecho. En muchos países establecen políticas definidas en materia de viviendas, en algunas ciudades muy pobladas existen programas gubernamentales de subsidio para rentas de viviendas, un ejemplo de ello es Alemania. Sin embargo, aunque existan estas políticas, la accesibilidad universal a la vivienda no está garantizada para todos debido a un aumento en sus costos. En México en los últimos 16 años los precios de las viviendas han aumentado un 42 % en términos reales, por encima de la inflación, mientras que las remuneraciones salariales promedio han disminuido un 21 % (Rosales, 2022). Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), una parte significativa de la población en México habita viviendas construidas con materiales precarios. En la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH) 2020, se reporta que aproximadamente el 5% de las viviendas particulares habitadas en el país tienen techos elaborados con materiales de desecho, como el cartón, plásticos, tarimas de madera, etc. Además, alrededor del 3% presentan muros contruidos con materiales similares. Estas cifras

reflejan la necesidad urgente de mejorar las condiciones de vivienda para garantizar espacios dignos y seguros para todos los habitantes (INEGI, 2021). Una gran parte de la población en México requiere viviendas dignas, ya que lamentablemente algunas de ellas están contruidas con materiales reciclados o desechos de basura. En este contexto, la ciencia puede jugar un papel crucial al proporcionar materiales asequibles para todos los niveles de poder adquisitivo. El desarrollo constante de tecnologías y técnicas de refuerzo tiene como objetivo garantizar que las estructuras puedan resistir desafíos naturales propios y frecuentes en México, como huracanes, sismos e incendios. Además, estas innovaciones buscan reducir el impacto ambiental al incrementar la vida útil de las edificaciones, contribuyendo así a la seguridad y sostenibilidad de las construcciones en contextos vulnerables. El continuo avance en el reforzamiento de materiales para la construcción no solo asegura la habitabilidad y seguridad de las viviendas, sino que también sienta las bases para un futuro más resiliente y sostenible. Entonces, surge la gran pregunta: ¿Es posible construir casas con materiales reforzados a bajo costo?, se refiere como materiales reforzados aquellos que, mediante la incorporación de otros componentes como fibras, mallas o aditivos especiales, mejoran sus propiedades mecánicas, térmicas o de durabilidad. Este tipo de materiales permite construir estructuras más resistentes, capaces de soportar condiciones extremas, sin incrementar significativamente los costos de construcción.

2. Materiales tradicionales y tecnología moderna: el papel del refuerzo con fibras naturales en la vivienda

Ahora exploraremos la evolución de la construcción de viviendas y la creciente importancia del refuerzo como una medida fundamental para asegurar la habitabilidad y seguridad de nuestras comunidades. Desde las técnicas tradicionales hasta las innovaciones más recientes en materiales y tecnología,



Artículo de divulgación científica

Garrido-Hernández et al., 2025

descubriremos cómo el refuerzo está moldeando el futuro de la construcción de viviendas.

Las fibras naturales, destacan por su composición principal de celulosa, hemicelulosa y lignina que son sustancias biodegradables. La propiedad mecánica de estas fibras está estrechamente ligada a la proporción de celulosa, el polímero orgánico más abundante en la naturaleza y elemento fundamental en la estructura celular de las plantas (Abedi *et al.*, 2023). En algunas regiones de México, la construcción de viviendas

se basa en el uso de materiales naturales como el carrizo, empleado principalmente como estructura, y barro sólido, que se utiliza para revestir y unir los elementos (Figura 2). Esta técnica tradicional ofrece buenas propiedades térmicas, sin embargo, presenta desafíos relacionados con la absorción de humedad, lo que puede comprometer la integridad de la estructura con el paso del tiempo. Se han documentado casos de casas construidas mediante esta técnica que han alcanzado una durabilidad de hasta 10 años.



Figura 2. Fibra natural como reforzamiento en el concreto. Fuente: elaboración propia.

Las fibras naturales tienen una vida útil que oscila entre los 4 y 10 años, contribuyendo así a la reducción de la contaminación y los desechos en nuestro planeta. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estas fibras presentan una baja resistencia química y a la corrosión, lo que, combinado con su proceso de biodegradación, limita su uso principalmente en estructuras. Las fibras naturales presentan ciertas desventajas, como la falta de adherencia de la fibra a la matriz, lo que puede resultar en una unión deficiente. Además, la capacidad de absorción de humedad de estas fibras puede promover la entrada de

humedad, lo que a su vez podría acortar la vida útil de la construcción (Dev *et al.*, 2023).

Un estudio exploró el uso de fibras naturales derivadas de la cáscara de frutas de palma, las cuales fueron recubiertas con termoplástico acrilonitrilo butadieno estireno o ABS (por sus siglas en inglés Acrylonitrile Butadiene Styrene) es un plástico muy resistente al impacto (golpes). Los resultados de estas investigaciones indican que las fibras naturales recubiertas pueden tener un efecto significativo en el aumento de la resistencia al corte del suelo reforzado, en



Artículo de divulgación científica

Garrido-Hernández et al., 2025

comparación con las fibras no recubiertas. Este hallazgo sugiere el potencial de estas fibras tratadas como un material prometedor para mejorar la estabilidad y durabilidad de diversas estructuras y obras de ingeniería

3. Fibras recicladas de polímeros: un reto en la sustentabilidad

En el ámbito de la construcción, particularmente en países como México, el empleo de fibras sintéticas para el refuerzo de concreto ha ganado terreno debido a sus múltiples ventajas frente a las fibras naturales. Estas fibras, utilizadas como complemento en sistemas constructivos tradicionales basados en concreto y acero, ofrecen beneficios como una elevada resistencia a la tracción, mejor dispersión dentro de la matriz de hormigón y mayor durabilidad. Entre las fibras sintéticas más empleadas en la industria se encuentran el polipropileno, poliéster, polietileno, así como fibras de vidrio, nylon y metálicas, las cuales han sido incorporadas en diversas aplicaciones constructivas en el país, buscando mejorar el desempeño estructural y la vida útil de las edificaciones.

Las fibras de polipropileno se clasifican en micro sintéticas y macro sintéticas. Las primeras se utilizan en concentraciones que van desde el 0.05% al 0.2% por volumen, mientras que las segundas se encuentran en el rango del 0.2% al 1%. (Barka *et al.*, 2024) Además de esta distinción, las fibras de polipropileno también se pueden categorizar según su forma: fibrilada, monofilamento ondulado y multifilamento liso. El monofilamento se obtiene mediante el proceso de extrusión, que básicamente consiste en hacer pasar el material a través de un disco circular caliente para producir un filamento continuo. Por otro lado, el multifilamento está compuesto por múltiples hebras continuas e integradas, que proporcionan una estructura más compleja y resistente.

Existen fibras de vidrio elaboradas a partir del mismo material empleado en la producción de botellas de vidrio convencionales. Estas fibras de vidrio destacan por su alta resistencia a la tracción y su elevado módulo elástico, lo que les confiere una excelente capacidad para reforzar compuestos de suelo fibroreforzado-cementado. Además, su comportamiento más dúctil permite una mayor elasticidad en el suelo, lo que significa que pueden flexionarse y, por lo tanto, reducir la probabilidad de fracturas.

Un desafío significativo en la construcción con fibras sintéticas es asegurar su adecuada adherencia al concreto. Esto implica la necesidad de aplicar un tratamiento especial para garantizar su efectividad como refuerzo, dado que la naturaleza del plástico difiere con la del concreto (Figura 3). Mientras que el concreto contiene elementos cerámicos que se unen mediante un proceso de hidrólisis, el plástico presenta propiedades distintas que requieren un enfoque específico para asegurar una unión sólida y duradera con el concreto (Sivakumar *et al.*, 2021).

Unos de los polímeros más utilizados por la industria de bebidas es el tereftalato de polietileno (PET), y actualmente existe industrias de transformación que elaboran fibras recicladas para diferentes aplicaciones, especialmente usadas como relleno. De acuerdo con literatura, la fibra de PET se posiciona como una excelente opción debido a sus características superiores en términos de resistencia mecánica, capacidad para mitigar la contracción y expansión del suelo, y su impacto ambiental positivo al ser un material reciclado (Dhakal *et al.*, 2024). La fibra de PET ofrece un equilibrio ideal entre rendimiento técnico, sostenibilidad y viabilidad económica, convirtiéndose en la elección preferida para aplicaciones de refuerzo de suelos en una variedad de proyectos.



Artículo de divulgación científica

Garrido-Hernández et al., 2025



Figura 3. Fibra de PET como refuerzo en concreto. Fuente: elaboración propia.

4. Avances en de reforzamiento de concreto con fibras de PET

El concreto es una mezcla de cementos con agregados particulados como arena y grava que se usan en la construcción de vivienda, oficinas caminos y puentes por lo que contribuye significativamente al crecimiento económico y al desarrollo de infraestructura en el país. De hechos la industria cementera en México es una de las más importantes a nivel mundial. El uso del concreto abarca una amplia gama de aplicaciones, siendo reconocido por su fácil preparación, eficacia y maleabilidad, convirtiéndolo en el material ideal para satisfacer las demandas contemporáneas de la construcción. Sin embargo, no está exento de desafíos, como agrietamiento, erosión o desgaste. Para abordar estas desventajas, se ha recurrido al concreto reforzado mediante el uso de placas, paneles y fibra, elaboradas a partir de diversos materiales como acero, vidrio, carbono y polipropileno (Shafei *et al.* 2021)

En el ámbito de la construcción sostenible, es necesario reutilizar o reciclar la basura que se

genera derivado de las actividades económicas, uno de estos materiales es el plástico, específicamente el PET. Actualmente bajo el enfoque de reciclaje el PET se ha utilizado para fabricar una variedad de materiales de construcción, tales como paneles para paredes, cubiertas para techos, aislantes térmicos y acústicos, así como tuberías (BECOSAN, 2020). Por otro lado, las fibras de PET pueden ayudar a controlar y reducir la formación de fisuras debido a la contracción del concreto durante el fraguado y el curado. Estas fibras actúan como micro refuerzos que distribuyen las tensiones generadas, minimizando así el desarrollo de fisuras. La incorporación de fibras de PET reciclado en el concreto contribuye a reducir la formación de fisuras por contracción y mejora la tenacidad del material, aunque puede disminuir ligeramente su resistencia a la compresión (Ochi *et al.*, 2007). Por ello, su uso es más adecuado en elementos no estructurales o con bajas exigencias mecánicas. Además, el comportamiento del concreto puede variar según el tipo y tratamiento del PET utilizado (Saikia & de



Artículo de divulgación científica

Garrido-Hernández et al., 2025

Brito, 2014), lo que exige una adecuada caracterización antes de su aplicación estructural.

Cabe preguntarse si es posible unir materiales con naturalezas tan diferentes, como un polímero y un cerámico. Esta pregunta surge ya que el PET es un polímero y el concreto se puede considerar como un cerámico. Por lo tanto, se podría pensar que la respuesta es no; sin embargo, gracias a la ciencia esto es afirmativo, y todo gracias a la modificación de la superficie del PET mediante productos químicos como el hidróxido de sodio, ácido nítrico, isopropanol y nitro-etano (Rajeshkumar, *et al.* 2020). Cada uno de estos solventes tiene la capacidad de ejercer un efecto particular sobre el PET, transformando sus propiedades de manera específica y abriendo un abanico de nuevas posibilidades de aplicación.

Por ejemplo, el hidróxido de sodio ofrece un proceso sencillo para la fabricación de materiales con porosidad controlable. Además, permite regular el tamaño de poro y el diámetro de fibra, factores que varían dependiendo del tiempo y tipo de tratamiento aplicado. Su uso facilita la descomposición del PET en sus monómeros, ácido tereftálico y etilenglicol, mediante una reacción de hidrólisis con NaOH (Babaei *et al.*, 2024) que se produce en la superficie del PET, lo que provoca una rugosidad con cavidades en la superficie y es a rugosidad donde el concreto tendría mejor anclaje, tal como una varilla corrugada. En la Figura 4 te mostramos una investigación que demostró que a medida que se prolonga el tiempo de tratamiento aumenta la degradación del PET, así como la rugosidad de la superficie.

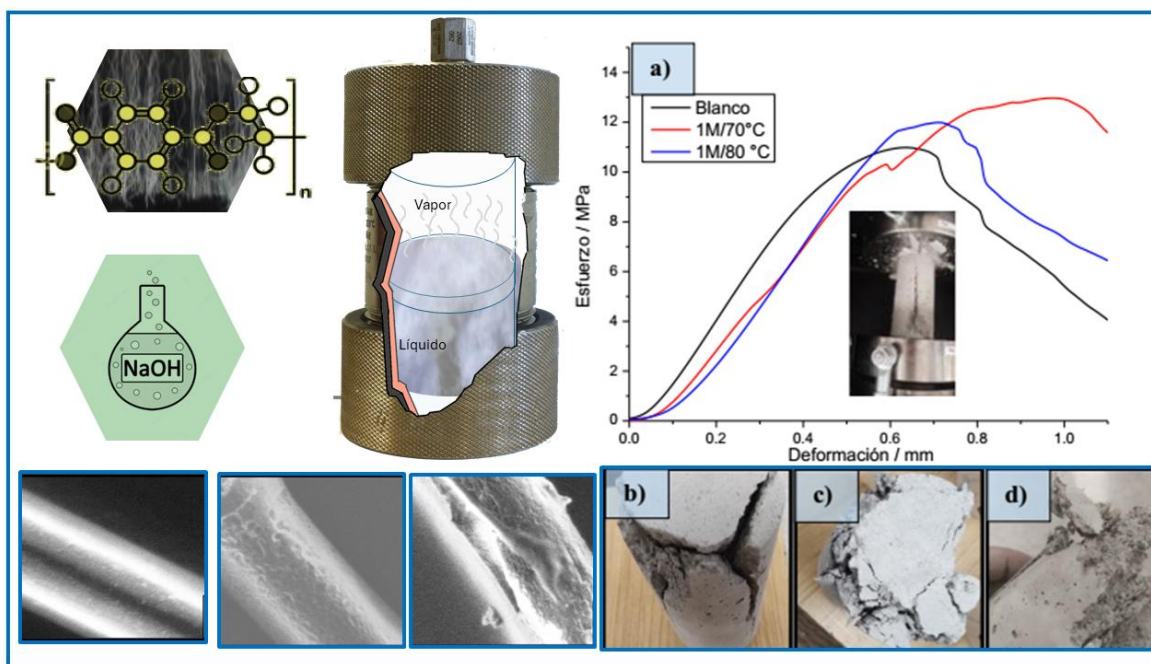


Figura 4. Representación de la hidrólisis de las fibras de PET, y ensayo a la compresión de probetas de concreto, fracturas de probetas. Fuente: elaboración propia.

En México también se está investigando sobre reforzamiento de concreto con fibras de PET; por ejemplo, los estudiantes del Instituto Tecnológico de Villahermosa llevaron a cabo una investigación utilizando PET como agregado grueso en la

producción de concreto estructural (Agencia ID, 2024). El objetivo fue desarrollar un nuevo tipo de concreto que cumpliera con las normas mexicanas, manteniendo la seguridad estructural del concreto convencional, pero con un peso



Artículo de divulgación científica

Garrido-Hernández et al., 2025

volumétrico reducido, lo que supondría un ahorro económico y beneficios para el medio ambiente. En otro estudio experimental, se examinó el concreto reforzado con fibras de botellas recicladas y PET, utilizando fibras de diferentes longitudes y fracciones de volumen. Se llevaron a cabo pruebas de resistencia a la compresión, flexión, módulo de Young y tenacidad a la fractura (Huaquisto *et al.*, 2024).

En la Universidad Autónoma Metropolitana, específicamente en el departamento de materiales en colaboración con la Universidad Tecnológica de Tecámac, también se investiga sobre la importancia de reutilizar fibras de PET recicladas para reforzar el concreto. En su estudio más reciente Sánchez *et al.* (2024) demostraron que es posible reforzar el concreto con fibras de PET recicladas, aumentando su sustentabilidad. Para mejorar la adherencia de las fibras con la mezcla, aplicaron un tratamiento químico llamado hidrólisis alcalina, que genera una superficie más rugosa y con mejor agarre.

Las pruebas de resistencia a la compresión revelaron que el concreto con fibras de PET presentaba una mayor capacidad de deformación antes de fracturarse. Esto significa que el material podría absorber mejor los esfuerzos sin romperse abruptamente, lo que abre la posibilidad de usarlo en la construcción de viviendas más resistentes y amigables con el medio ambiente.

5. Conclusiones

La evolución de los materiales en la construcción refleja la búsqueda continua de mejorar la calidad y durabilidad de las viviendas. El uso de fibras naturales y recicladas, como el PET, representa un paso importante hacia un futuro más sostenible. Las investigaciones actuales demuestran que es posible incorporar materiales reciclados en la construcción de concreto, mejorando su resistencia y reduciendo el impacto ambiental. Estos avances podrían contribuir a resolver los desafíos de la vivienda asequible, permitiendo que la ciencia ofrezca soluciones que equilibren rendimiento, sostenibilidad y accesibilidad en el sector de la construcción.

Declaraciones y afirmaciones

Fondos: Los autores declaran que no recibieron financiamiento para este trabajo.

Conflicto de interés: Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Aprobación de ética: no aplica.

Referencias

1. Abedi, M., Hassanshahi, O., Rashidell, A., Ashtari, H., Seddik Meddah, M., Dias, D., Arjomand, M. A., & Keong Choong, K. (2023). A sustainable cementitious composite reinforced with natural fibers: An experimental and numerical study. *Construction and Building Materials*, 378(131093), 131093. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131093>
2. Agencia ID. (2024). Estudiantes desarrollan concreto utilizando PET que cumple con las normatividades de construcción. Invdes. <https://invdes.com.mx/agencia-id/estudiantes-desarrollan-concreto-utilizando-pet-que-cumple-con-las-normatividades-de-construccion/>
3. Babaei, M., Jalilian, M., & Shahbaz, K. (2024). Chemical recycling of polyethylene terephthalate: A mini-review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 12(3), 112507. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.112507>
4. Barka, M., Taleb, O., Tedjiti, A.K. et al. Impact of polypropylene fibers on the rheological, mechanical, and thermal properties of self-compacting concrete. *MRS Advances* 9, 1128–1136 (2024). <https://doi.org/10.1557/s43580-024-00905-1>.
5. BECOSAN. (19 de Junio de 2020). BECOSAN® Flooring. Obtenido de BECOSAN® Flooring: <https://www.becosan.com/es/concreto-reforzado/>



Artículo de divulgación científica

Garrido-Hernández et al., 2025

6. Dev, B., Rahman, A., Alam, R., Repon, R., & Nawab, Y. (2023). Mapping the progress in natural fiber reinforced composites: Preparation, mechanical properties, and applications. *Polymer Composites*, 44(7), 3748–3788. <https://doi.org/10.1002/pc.27376>
7. Dhakal, H. N., Khan, S. H., Alnaser, I. A., Karim, M. R., Saifullah, A., Zhang, Z. (2024), Potential of Date Palm Fibers (DPFs) as a Sustainable Reinforcement for Bio- Composites and its Property Enhancement for Key Applications: A Review. 309, 2400081. <https://doi.org/10.1002/mame.202400081>
8. Freire-Lista, D. M. (2021). The Forerunners on Heritage Stones Investigation: Historical Synthesis and Evolution. *Heritage*, 4(3), 1228-1268. <https://doi.org/10.3390/heritage4030068>
9. Huaquisto-Cáceres, S., & Quenta-Flores, D. (2024). Estudio experimental del uso de residuos de botellas de plástico en el hormigón convencional. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 40, e54696. <https://doi.org/10.20937/rica.54696>
10. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Encuesta Nacional de Vivienda 2020 (ENVI) - Comunicado de prensa. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/salade prensa/boletines/2021/envi/ENVI2020.pdf>
11. Ochi, T., Okubo, S., & Fukui, K. (2007). Development of recycled PET fiber and its application as concrete-reinforcing fiber. *Cement and Concrete Composites*, 29(6), 448–455. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2007.02.002>
12. Rajeshkumar, G., & Scalici, T. (2020). Effect of sodium hydroxide treatment on properties of Phoenix sp. fiber. *Journal of Natural Fibers*, 13(6), 702–713. <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1711284>
13. Rosales, G. (2022, septiembre 9). Materiales de construcción acumulan alza de 30% en precios. *Real Estate Market & Lifestyle*. <https://realestatemarket.com.mx/noticias/infraestructura-y-construccion/38923-materiales-de-construccion-acumulan-alza-de-30-en-precios>
14. Saikia, N., & de Brito, J. (2014). Mechanical properties and abrasion behaviour of concrete containing shredded PET bottle waste as a partial substitution of natural aggregate. *Construction and Building Materials*, 52, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.050>
15. Sánchez-Ramírez, E., Reyes-Miranda, J., García-Domínguez, G., Hernández-Chávez, C. O. & Garrido-Hernández, A., (2024). Efecto de las condiciones de hidrólisis alcalina en las fibras de PET y su impacto en el refuerzo del concreto. *Pädi Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, 12(Especial5), 64-71. <https://doi.org/10.29057/icbi.v12iEspecial5.13721>
16. Shafei, B., Kazemian, M., Dopko, M., & Najimi, M. (2021). State-of-the-art review of capabilities and limitations of polymer and glass fibers used for fiber-reinforced concrete. *Materials*, 14(2), 409. <https://doi.org/10.3390/ma14020409>
17. Sivakumar, A., & Alsubih, M. (2021). Mechanical strength characterization of plastic fiber reinforced cement concrete composites. *Applied Sciences*, 11(2), 852. <https://doi.org/10.3390/app11020852>
18. Tuzi, S. (2023). Ecos de la Antigüedad. La influencia de los hallazgos arqueológicos en Ostia Antica en la construcción edilicia residencial romana entre las décadas de 1920



Artículo de divulgación científica

Garrido-Hernández et al., 2025

y 1940. Anales del IAA, 53(2), pp. 1-16.
recuperado de:
<https://www.iaa.fadu.uba.ar/ojs/index.php/anales/article/view/186/225>