

DESARROLLO DE UN COMPOSITO HÍBRIDO: RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN-FIBRA DE AGAVE PARA APLICACIONES EN RECIPIENTES FUNCIONALES

Hilarión Colmenares Cano^{a*}, Jesus Alejandro Rodriguez Herrera^a, Jahaziel Méndez García^a, Jesús Chagoya-Serna^a, Jose de Jesus Llamas Medina^b, Scarlet Jacqueline Meza Gómez^a

^{a)} CUCSur, Universidad de Guadalajara, Ingenierías, Mexico. ^{b)} Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica El Grullo, Ingenierías, Mexico.

hilarion.colmenares@academicos.udg.mx

Resumen: En el presente trabajo se diseñaron materiales compuestos a base de desechos de la construcción y demolición (DCD). Estos materiales fueron reforzados con fibra de agave y curados a temperatura ambiente. Con los DCD y la fibra de agave de desecho empleados se propone una alternativa sostenible para la industria de la construcción y el diseño, promoviendo la economía circular. Los compositos contenían principalmente polvo de ladrillo de arcilla calcinada como parte del DCD. La matriz estaba formada por DCD, arena sílica y cemento, este último con un 20 % de peso. Los materiales se sometieron a pruebas mecánicas de resistencia a la compresión y a la flexión. Con el material formulado, se elaboraron recipientes para su posterior uso como macetas, contenedores para velas y/o adornos. Los resultados muestran que la resistencia a la compresión aumenta con el tiempo de curado, pero disminuye con la adición de fibra. Por otro lado, la resistencia a la flexión aumenta si se añade fibra, debido a que esta bloquea la propagación de grietas.

Introducción.

La producción de cemento Portland (OPC) es responsable de casi el 7% de las emisiones de CO₂ a nivel global, siendo este uno de los sectores industriales que más contribuye a este hecho [1]. El aumento de la urbanización en todo el mundo ha provocado un incremento de los DCD y se prevé que esta tendencia continúe en las próximas décadas. Esto plantea problemas en cuanto a la eliminación de estos residuos. Gran parte de los DCD se utilizan como relleno o se vierten ilegalmente en lugares inadecuados (Figura 1), lo que provoca problemas sociales y medioambientales. La inseguridad y la contaminación del suelo y el agua son ejemplos de ello [2].



Figura 1. Desechos de la construcción y demolición en un vertedero en la ciudad de Autlán, Jalisco.

La investigación sobre nuevos materiales cementantes y amigables con el medio ambiente con contenido de DCD ha tomado auge en los últimos años. Ejemplo de estos materiales son los geopolímeros y concretos con la adición de DCD como agregados [3]. DCD pueden ser aprovechados en la elaboración de recipientes funcionales. El empleo principal de estos nuevos materiales con propiedades cementantes y reforzados con fibras es en la industria de la construcción [4]. La fibra de agave es un desecho de la industria tequilera, la cual representa un problema por su disposición final.

Parte experimental.

Materiales.

Los desechos de construcción utilizados como materia prima fueron recolectados de una construcción en la ciudad de Autlán, Jalisco. Los desechos consistían en fragmentos de ladrillo rojo de barro quemado y mortero de cal/cemento. La arena empleada fue arena sílica de la costa sur de Jalisco. La fibra fue proporcionada por la empresa Tonayan. El cemento tipo Portland ordinario fue de la marca Tolteca.

Métodos.

En la Figura 2 se presenta la metodología llevada a cabo para la elaboración de los materiales compuestos. Se inició con la molienda y el tamizado de los desechos de la construcción hasta obtener tamaños de malla entre 100 y 250. Estos fueron empleados en la mezcla de los componentes en proporción 1:1 con respecto a la arena sílica.

La arena también se tamizó y se utilizó una combinación de tamaño de las mallas 20, 30 y 40. La fibra de agave se lavó 3 veces con agua potable para reducir la cantidad de azúcares presentes a 0.1 % e incrementar el pH de 5.6 a 6.8. El cemento se adicionó en un 20 % peso y la fibra en un 1 % peso.

Después del mezclado de los sólidos se procedió a añadir el agua hasta obtener una masa manejable. Finalmente se llevó a cabo la su colocación de la mezcla en moldes de sílica.



Figura 2. Esquema del proceso de elaboración de especímenes.

Con los composites se elaboraron recipientes utilizando moldes. Además se fabricaron bloques de 50 m de lado y de 40x40x160 mm, los cuales fueron sometidos a pruebas de compresión y de flexión respectivamente.

En la tabla 1 se presenta la formulación empleada en este trabajo. Esta indica el porcentaje en masa de los sólidos. La proporción de sólidos a líquidos se estableció en 1:0.39.

Tabla1. Formulación del composito

Material	Porcentaje en masa, %
Polvo de ladrillo	39.5
Arena sílica	39.5
Cemento	20
Fibra de agave	1

Instrumentación.

Para la molienda de los desechos de la construcción se utilizó un molino planetario de la marca Pulverisette 6. El tamizado se llevó a cabo en una cribadora marca ALCON. La observación microscópica se realizó en un microscopio electrónico de barrido (SEM) marca JEOL.

Se empleó una prensa de la marca Controls modelo C46D04 para realizar las pruebas de compresión y de flexión de 3 puntos, tomando como referencia las normas ASTM-C109 y ASTM-C348 respectivamente.

Resultados y discusión.

En la Figura 3 se presenta una micrografía realizada a alto vacío. En esta se observa una adecuada interacción entre la fibra de agave y la matriz cerámica. En esta se aprecia que la fibra se encuentra embebida dentro de la matriz, lo que indica un buen acoplamiento entre ambos materiales.

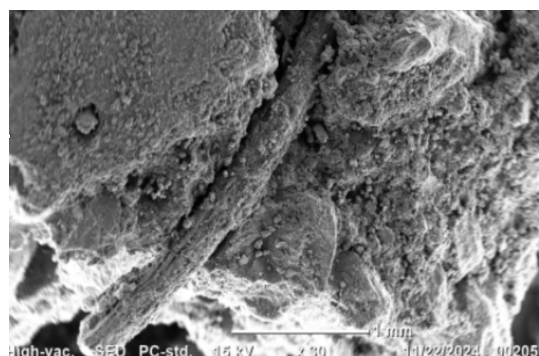


Figura 3. Observación en SEM del composito elaborado.

En la Figura 4, se presentan los resultados de resistencia a la compresión en función del tiempo de curado a los 7, 14, 21 y 28 días. Estas pruebas se realizaron en muestras con y sin fibra de refuerzo. Se aprecia que al reforzar el material con fibra de agave se reduce esta resistencia en alrededor de un 25 %. Esto es provocado por la disminución de la densidad y la creación de poros originado por la adición de la fibra. Sin embargo la resistencia a la compresión permanece dentro de un valor adecuado para su empleo en recipientes.

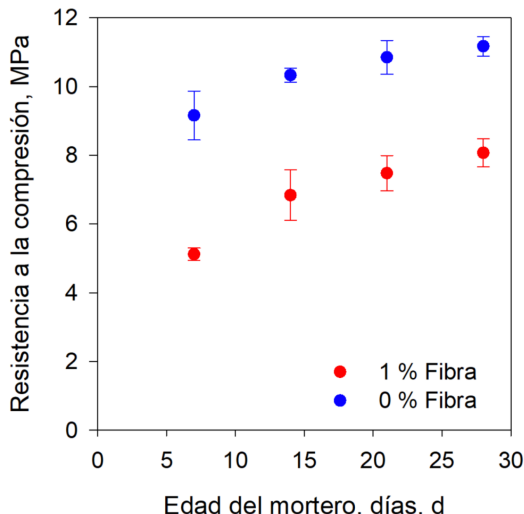


Figura 4. Resultados de pruebas mecánicas de resistencia a la compresión de los materiales con fibra y sin fibra de refuerzo.

Por otro lado, en la Figura 5 se presentan los resultados del comportamiento de la resistencia a la flexión en función del tiempo de curado a temperatura ambiente a los 7, 14, 21 y 28 días. Lo anterior con y sin fibra de agave añadida. En esta se aprecia que la resistencia a la flexión se incrementa con la adición de 1 % de fibra de agave en más de un 20 %. Este aumento en la resistencia a la flexión se debe a la presencia de las fibras de refuerzo en los materiales elaborados y su adecuada interacción.

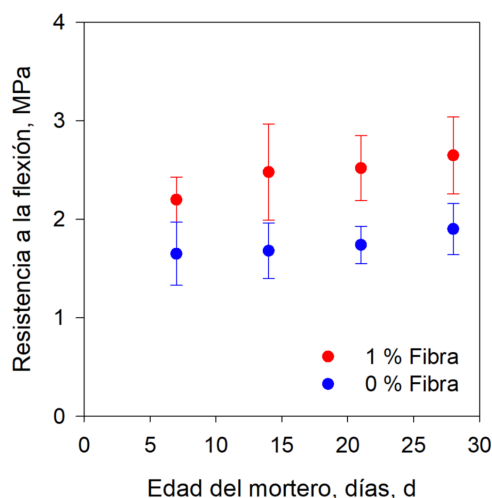


Figura 5. Resultados de pruebas mecánicas de resistencia a la flexión de los materiales con fibra y sin fibra de refuerzo.

En la prueba de flexión, los especímenes sin fibra se fracturaron de forma abrupta, mientras que en los reforzados con fibra se tuvo un efecto de deformación dúctil debido a que las fibras controlan la propagación de grietas de manera interna, evitando la fractura completa de los especímenes (Figura 6).

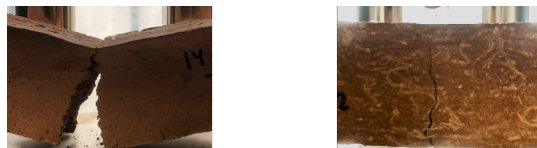


Figura 6. Respuesta a la prueba de flexión de geopolímeros; izquierda sin fibra, y derecha con fibra.

Finalmente, se muestran en la Figura 7 parte de los recipientes funcionales elaborados, los cuales fueron creados con el compuesto híbrido diseñado a base de desechos de la construcción y demolición, arena sílica, cemento Portland ordinario y reforzados con fibra de agave. Estos recipientes presentaron una buena estética, con colores rojizos. Esto les proporciona una apariencia rústica. Los especímenes son un ejemplo de la aplicación de la economía circular.



Figura 7. Recipientes funcionales creados con material compuesto híbrido.

Conclusiones.

El material compuesto elaborado presentó buenas propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y a la flexión. A nivel microscópico se observó buena interacción entre la matriz y las fibras de agave. El polvo de ladrillo proporcionó un color similar a la cantera, lo que lo hace atractivo para su comercialización.

Se comprobó que el material creado con desechos de la construcción es apto para su empleo en la fabricación de recipientes funcionales.

Referencias.

1. Khan, "Building Green: New Technologies to Create Less Polluting Cement; Roughly 7% of all CO₂ emissions come from cement production, and with populations rising, more buildings are going to be needed," 2023.
2. Q. Tang, Z. Ma, H. Wu, and W. Wang, "The utilization of eco-friendly recycled powder from concrete and brick waste in new concrete: A critical review," *Cem Concr Compos*, vol. 114, Nov. 2020.
3. Sonebi, M., Ammar, Y., & Diederich, P. (2016). Sustainability of cement, concrete and cement replacement materials in construction. In *Sustainability of Construction Materials* (pp. 371–396). Elsevier.
4. Silva, G., Kim, S., Aguilar, R., & Nakamatsu, J., "Natural fibers as reinforcement additives for geopolymers—A review of potential eco-friendly applications to the construction industry", *Sustainable Materials and Technologies*, 23, e00132, 2020.