

Desarrollo de morteros reforzados con polímeros reciclados a base de fibra de vidrio (rCPFV)

Proyecto de investigación

Asesor temático:
José Reynaldo Zelaya
Asesor metodológico:
Nicolás Steven Pardo Álvarez



Estefanny Vaquez
Juliana Andrea Cano

Introducción

Los **polímeros reforzados con fibra de vidrio** son un tipo de material compuesto elaborado con resinas, fibras y otros componentes utilizado en la manufactura de tanques de almacenamiento, aspas de turbinas eólicas, entre otras.

Se generan 10 millones de t/año (5-40% de residuos por desperdicios y desmantelamiento después de 15-20 años).



Figura 1. Uso de polímeros reforzados con fibras de vidrio.
Thomas Publishing Company, 2023.



Figura 2. Componentes de morteros.

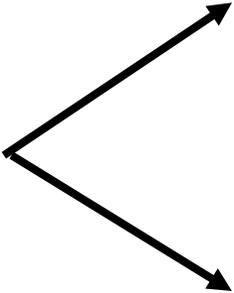
Planteamiento del problema



Tanques sépticos
Solufibras S.A.S



Residuos



¿Disposición final?

Aprovechamiento



Figura 3. Esquema del planteamiento del problema.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar morteros reforzados con polímeros reciclados a base de fibra de vidrio.

Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas de los residuos de polímeros de fibra de vidrio.
- Plantear diseños de mezcla a través de la sustitución parcial de agregado con polímero reforzado con fibra de vidrio.
- Evaluar la influencia de los polímeros reciclados en la propiedad mecánica de la resistencia a la compresión.

Metodología

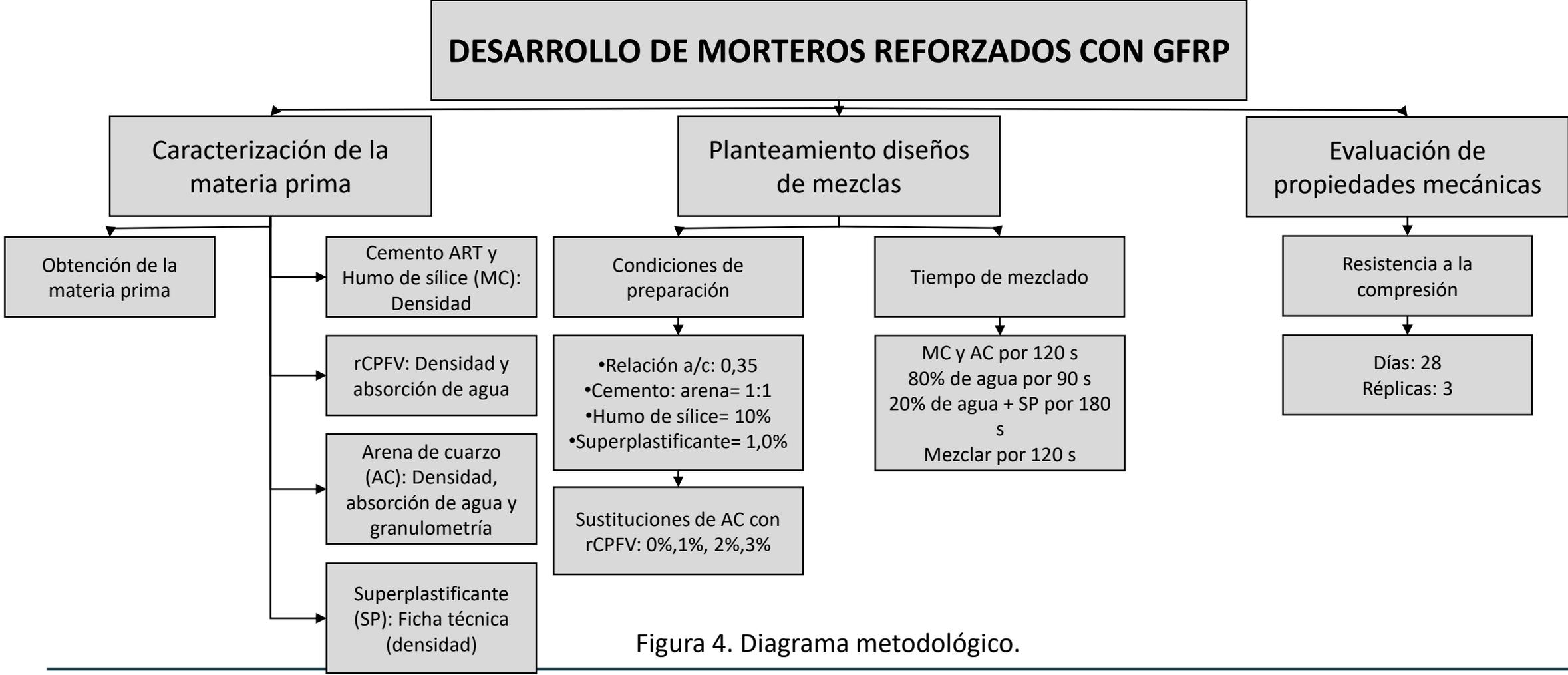
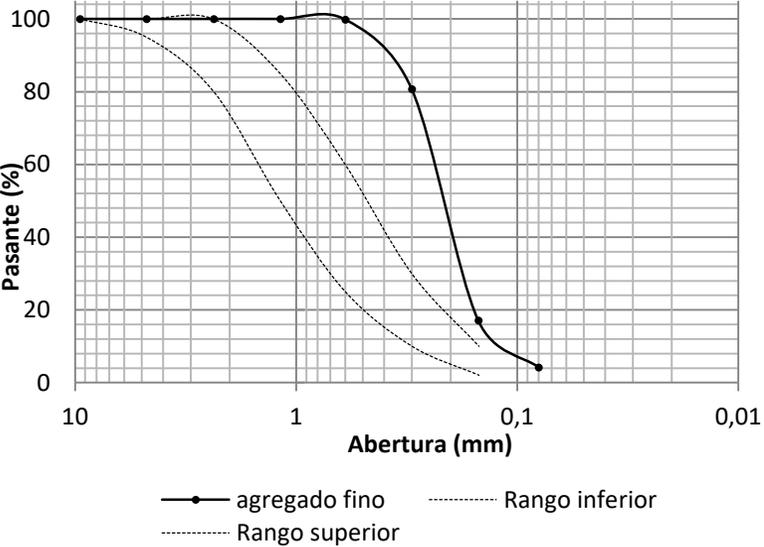


Figura 4. Diagrama metodológico.

Análisis de resultados



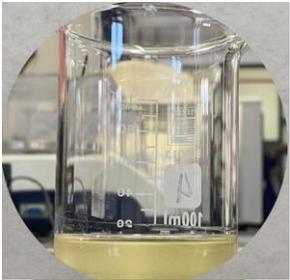
Arena de cuarzo
D=2.500 kg/m³
%Abs=1,77
MF=1,98



Proceso de molienda rCPFV



Cemento ART
D=3.000 kg/m³



Superplastificante
D=1060 kg/m³



rCPFV
D=1.710 kg/m³
%Abs=36%



Humo de sílice
D=2.280 kg/m³

Figura 5. Caracterización. D, densidad. %Abs, porcentaje de absorción. MF, módulo de finura.

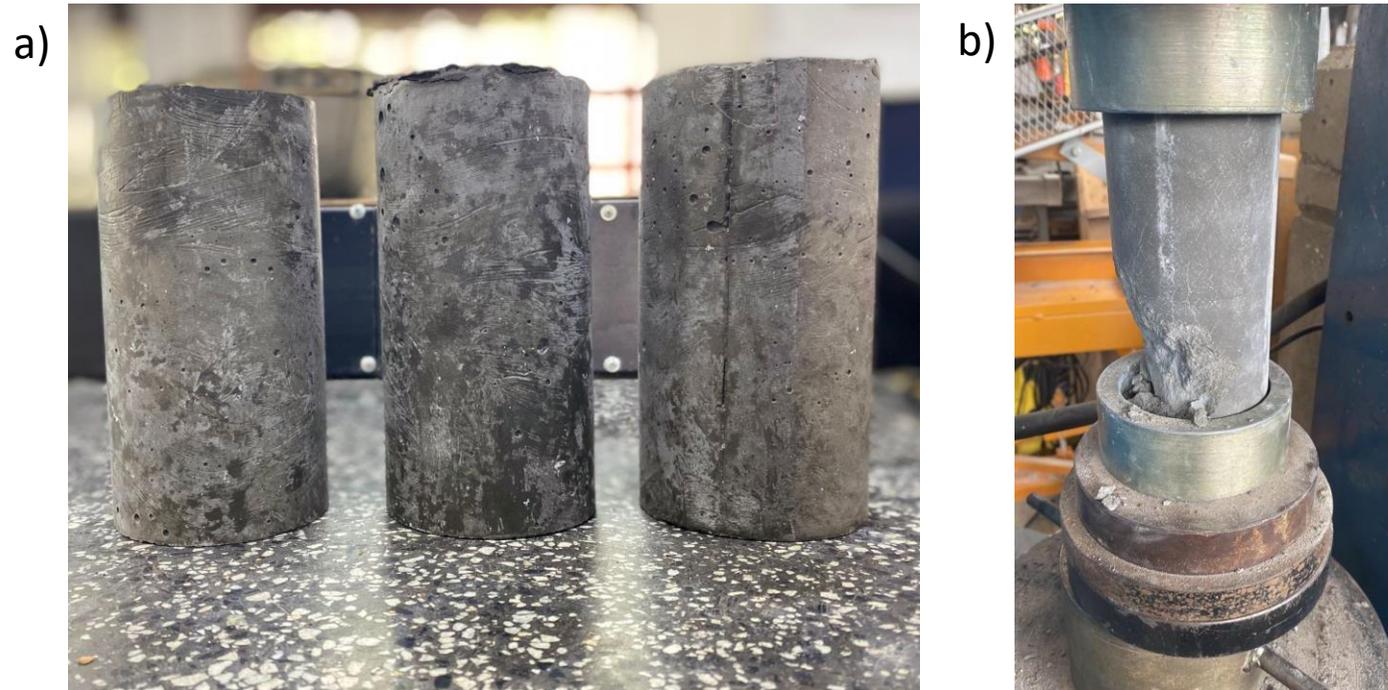


Figura 6. a) Preparación de los cilindros y b) Espécimen luego del fallo.

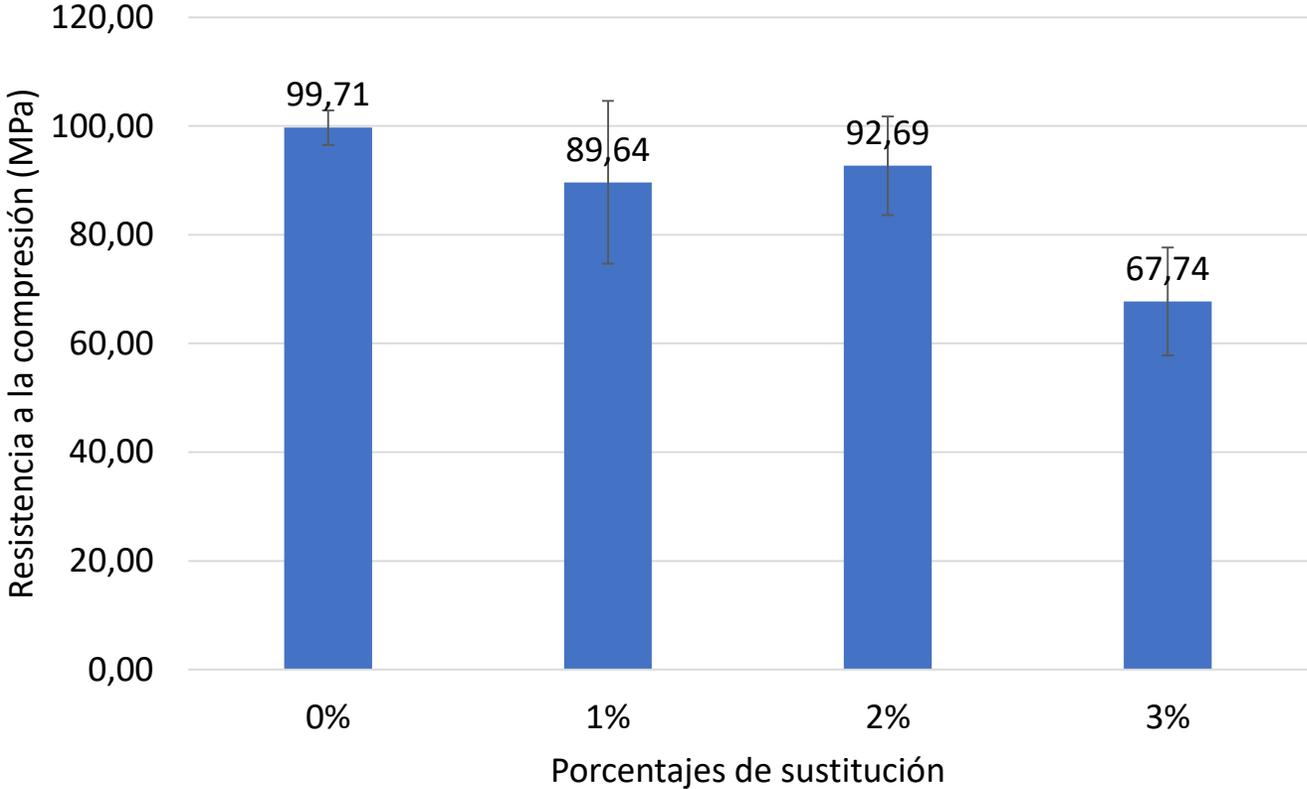


Figura 7. Resistencia a la compresión a 28 días de fraguado.

Conclusiones

En este estudio, se desarrollo una investigación sobre el efecto de los polímeros reciclados a base de fibra de vidrio en las propiedades mecánicas de un mortero de alto desempeño. Basado en los resultados se establecen las siguientes conclusiones:

- El método de trituración brinda un residuo con partículas de forma irregular, con restos de fibra que afectaron negativamente la resistencia a la compresión.
- Los resultados mostraron que la resistencia a la compresión, respecto a la muestra control con 99,71 MPa, se redujo con el incremento de adición del residuo hasta un 32% para la sustitución del 3% en peso después de veintiocho días de curado.
- La elevada resistencia, incluso para el mayor porcentaje de sustitución, permite su aplicación en rellenos de bancadas, anclajes de altas prestaciones y para maquinaria con necesidad de altas resistencias mecánicas, lo que ayudaría a contribuir a la disminución de los impactos ambientales de estos residuos.



Encuentro Interinstitucional de Semilleros de Investigación

DESARROLLO DE MORTEROS DE ULTRA ALTO DESEMPEÑO CON INCORPORACIÓN DE RESIDUOS DE COMPUESTOS POLIMÉRICOS REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO (rCPFV)

*Estefanny Vásquez Correa, Juliana Andrea Cano Vargas, Nicolás Steven Pardo Álvarez, José Reynaldo Zelaya
Maradiaga*



Referencias

- Haider, M. Et al. (2021). Exploratory study of flexural performance of mechanically recycled glass fiber reinforced polymer shreds as reinforcement in cement mortar, 2675 (10), 1254–1267. UNAM. <https://ciencia.unam.mx/leer/1069/concreto-reforzado-con-fibras-aporta-beneficios-a-la-construccion>.
- Dehghan, A. et al. (2017). Recycled glass fiber reinforced polymer additions to Portland cement concrete, Construction and Building Materials, Volume 146, Pages 238-250, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.04.011>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817306505>)
- Tao, Y. et al. (2023). Recycling of glass fibre reinforced polymer (GFRP) composite wastes in concrete: A critical review and cost benefit analysis, Structures, Volume 53, Pages 1540-1556, ISSN 2352-0124, <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.05.018>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352012423006215>)
- Asokan, P., Osmani, M., & Price, A. (2010). Improvement of the mechanical properties of glass fibre reinforced plastic waste powder filled concrete. Construction and Building Materials, 24(4), 448–460. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.10.017>
- Meira Castro, A. C., Ribeiro, M. C. S., Santos, J., Meixedo, J. P., Silva, F. J. G., Fiúza, A., Dinis, M. L., & Alvim, M. R. (2013). Sustainable waste recycling solution for the glass fibre reinforced polymer composite materials industry. Construction and Building Materials, 45, 87–94. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.092>



XXI

SEMANA DE LA FACULTAD

ARQUITECTURA E INGENIERÍA

DEL 7 AL 11 DE NOVIEMBRE

Edición en Línea. ISSN 2357-5921 Volumen 11- No 2-2023 Publicación Semestral

Residuos de construcción, arte, micro arquitectura y color, una alternativa de economía circular para la industria de la construcción.

Construction and demolition wastes (CSW), art, microarchitecture, and color, a circular economy alternative for the construction industry.

Estudiante: Yesenia Pérez

Docente y asesor: Hernán Darío Cañola

Curso: Proyecto de investigación

INTRODUCCIÓN

- Muchos investigadores viendo las necesidades actuales medioambientales derivadas de la sobreexplotación de los recursos naturales, buscan reducir el impacto ambiental negativo derivado de la sobre producción de residuos RCD, han desarrollado una gran variedad de alternativas sustentables en post de la gestión ambiental y la economía circular de sus proyectos, esto, desde el arte, los materiales y la macroarquitectura, dando así una nueva oportunidad a los materiales reutilizables dándoles una vida productiva.

OBJETIVOS

- **GENERAL**

Establecer la viabilidad económica del uso de RCD ligándolo al arte y microarquitectura como una alternativa de economía circular en la industria de la construcción.

- **ESPECIFICOS**

Caracterizar los agregados naturales y residuos de RCD

Determinar las propiedades físicas de probetas cubicas pigmentadas de mortero (absorción, densidad, resistencia a la penetración de humedad y porcentaje de saturación según el color)

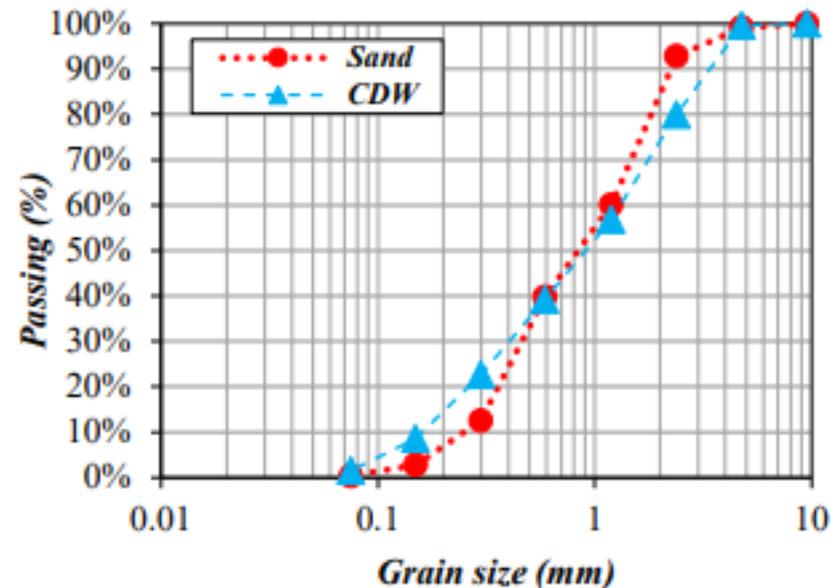
Determinar las propiedades mecánicas de probetas cubicas de mortero (resistencia a la compresión)

Establecer la viabilidad económica del uso de RCD desde el arte orientado a la elaboración de elementos decorativos

METODOLOGIA

- En esta investigación se analizo el comportamiento físico - Mecánico de morteros de pega con reemplazo parcial del agregado fino por agregado reciclado RCD, correspondiente al 75% del agregado total utilizado
- Los morteros utilizados en esta investigación, fuera de los agregados reutilizables presentan una variación con relación al color, debido al uso de pigmentos minerales en la confesión de elementos decorativos

Caracterización de los agregados naturales u residuales RCD.



Parameter	Sand	CDW	Variation (%)
Unit weight (g/cm^3)	1646	1419	13.8
Water Absorption (%)	1.63	4.1	151.5
Specific mass (g/cm^3)	2.59	1.96	24.32

Se realizan a los materiales ensayo de granulometría, ensayo de impurezas orgánicas, para determinar densidades y luego proceder al diseño de mezclas

Caracterización de los agregados naturales y residuales RCD.



Una vez realizado el diseño de mezclas, se procede a realizar pruebas físicas: ensayos de resistencia a la penetración de humedad, pruebas de pH,

Análisis de propiedades mecánicas

Table 2. Physical properties assessed.

Mortar	Average adsorption (%)	Average pH	Density (kg/m³)
Reference	2.7	8.0	1803
Y 2.5%	2.7	7.6	1816
Y 5%	4.3	7.3	1819
B 2.5%	4.1	8.0	1848
B 5%	4.9	8.0	1824
R 2.5%	2.7	7.6	1803
R 5%	3.4	7.0	1843

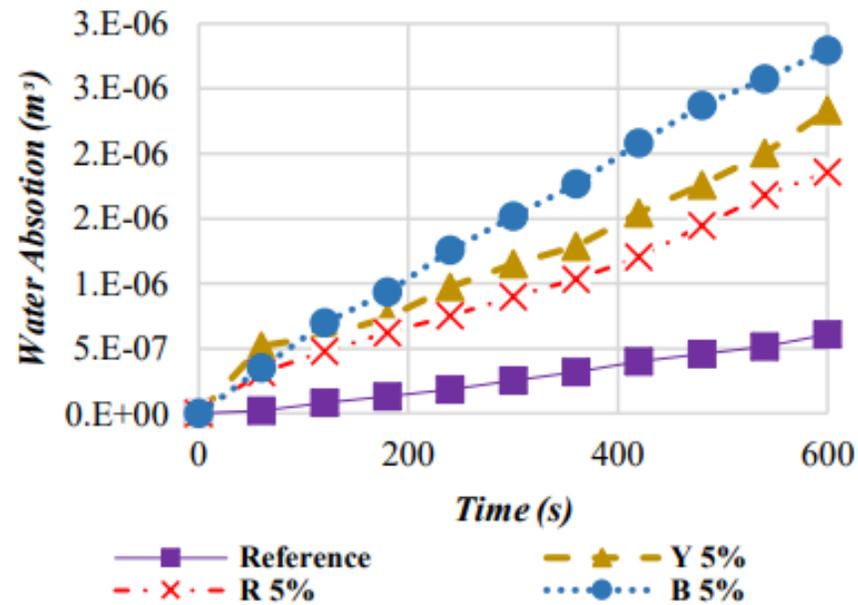
Una vez realizadas los análisis físico, se procede a los mecánicos, teniendo en cuenta el porcentaje de pigmentación aplicado a cada muestra; se le realizan pruebas de ultra sonido, ensayo de compresión.

Análisis de propiedades mecánicas

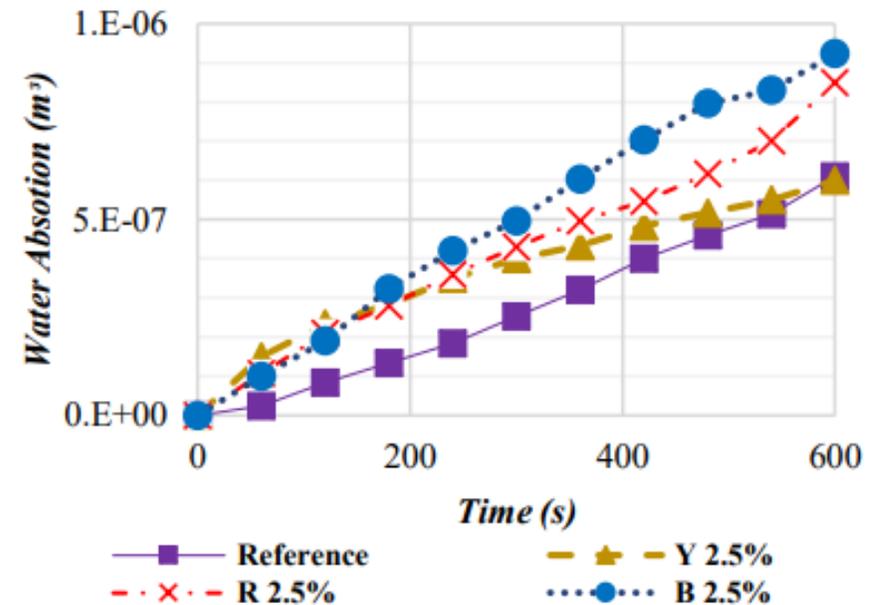
Table 3. Pigment saturation variation.

Mortar	Pigment percentage (%)	RGB code obtained	Code	Saturation (%)	Saturation variation (%)
Reference	0	191, 180, 162	bf4a2	15	0
Y	5.0	168, 138, 74	a88a4a	56	16.1
	2.5	185, 159, 98	b99f62	47	
B	5.0	97, 125, 126	617d7e	23	39.1
	2.5	115, 134, 132	738684	14	
R	5.0	161, 70, 51	a14633	68	22.1
	2.5	174, 101, 82	ae6552	53	

Análisis de propiedades mecánicas

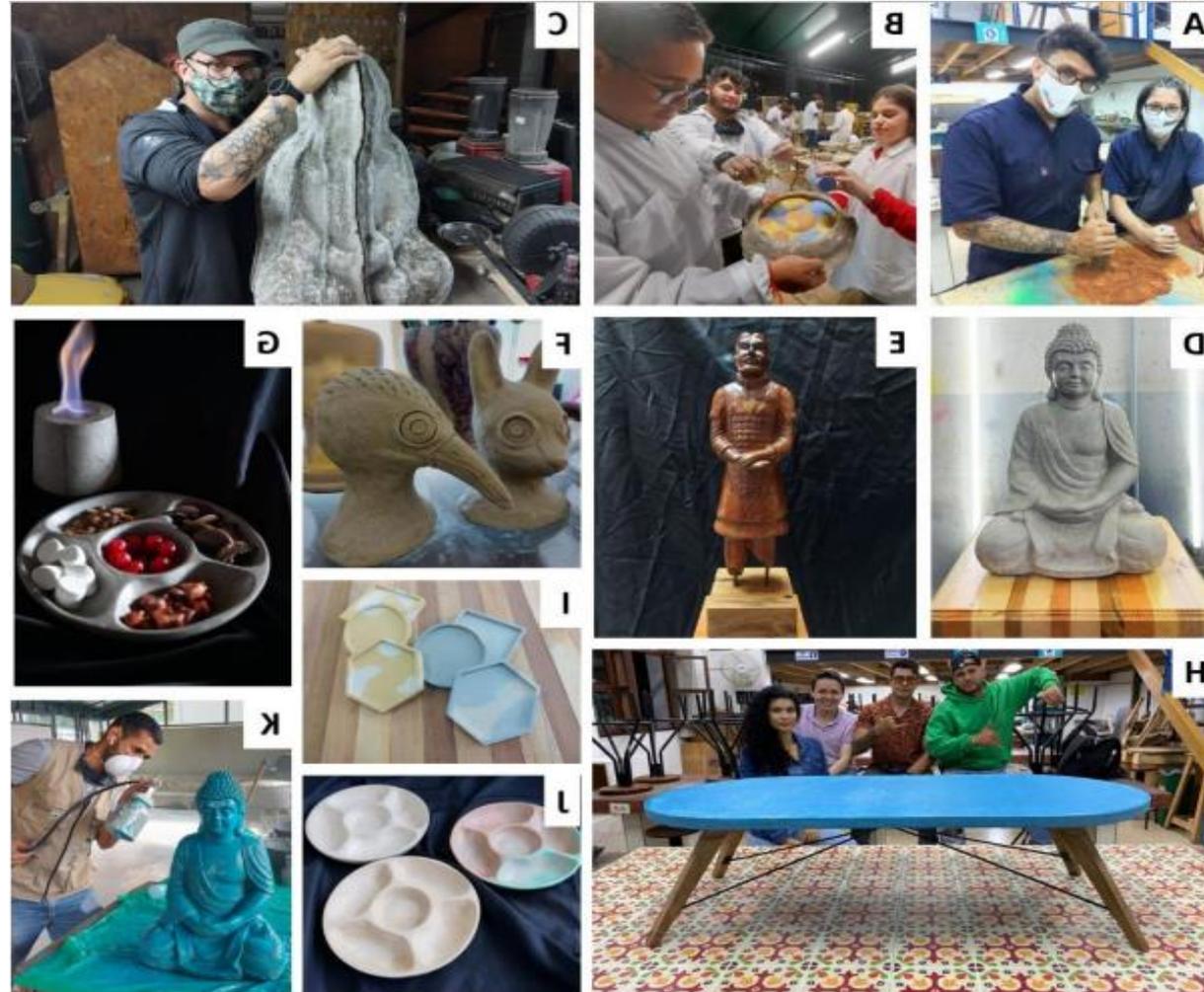


a)



b)

Fabricación de mobiliario.



Conclusiones.

- El análisis experimental de las propiedades físicas de los agregados naturales y los residuos de RCD, no presenta variaciones significativas, clasificando ambos materiales como arena regular
- En cuanto a la presencia de material orgánico según la escala de Gardner, el RCD presenta un mejor comportamiento en cuanto a la arena
- El precio de los productos realizados con morteros pigmentados pueden tener un aumento considerable, si se tienen en cuenta las formas estéticas y alternativas orientadas al arte y la microarquitectura
- Finalmente a partir de los análisis físicos, y la economía circular, podemos determinar que los RCD son una alternativa viable para la industria de la construcción.

Artículo.

Actualmente el artículo está en proceso de verificación y aprobación por la revista ENVI springer de medio ambiente, desarrollo y sostenibilidad.

Resources, Conservation & Recycling
CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTES (CDW), ART,
MICROARCHITECTURE, AND COLOR: A CIRCULAR ECONOMY ALTERNATIVE
FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY
--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	RECYCL-D-23-02045
Article Type:	Full Length Article
Keywords:	demolition and construction wastes; circular economy; microarchitecture; pigments; reuse
Corresponding Author:	GERSSON FERNANDO BARRETO SANDOVAL, Ph.D. Universidad Católica del Norte Antofagasta, Antofagasta CHILE
First Author:	HERNÁN DARÍO CAÑOLA, Master Degree
Order of Authors:	HERNÁN DARÍO CAÑOLA, Master Degree YESENIA PÉREZ GERSSON F. B. SANDOVAL, Ph.D.
Abstract:	Civil construction is one of the industries generating the most wastes that do not have adequate final disposal, affecting the environment and posing questions such as: Is it possible to reuse construction and demolition wastes (CDW) in non-structural applications? Is it possible to integrate CDW with new materials? In this regard, this study aims to determine the feasibility of reusing CDW to produce art and microarchitecture, based circular economy and improvement of the aesthetics of these elements. For this, CDW were collected, characterized, and used to produce pigmented mortars, determining their physical and mechanical properties and producing pieces of art and microarchitecture. Finally, it was shown that there is the economic feasibility for reusing CDW in the production of art and microarchitecture, showing a real alternative to disposal based on circular economy, without necessarily being a structural application.
Suggested Reviewers:	Yifei Yu, PhD professor, University of Twente y.yu-1@utwente.nl circular economy researcher Jakob Lederer, PhD professor, TU Wien Institute for Water Quality and Resource Management jakob.lederer@tuwien.ac.at circular economy researcher Beatriz C. Guerra, PhD professor, The University of Texas at Austin beatrizguerra@utexas.edu construction waste and circular economy researcher

para el mejor aprovechamiento de este recurso en la región de Antofagasta.

Redacción
cronica@mercurioantofagasta.cl

Cientos de toneladas de escombros y desechos generados por la construcción y demolición de edificaciones en la región de Antofagasta tienen un alto potencial de ser reutilizados y tener una nueva vida productiva, según lo planteado por el investigador colombiano Hernán Darío Cañola, quien visita la zona para participar en una serie de actividades en la Universidad Católica del Norte (UCN).

El profesor asociado de la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia, Medellín, compartió conocimientos sobre cómo generar economía circular y sostenibilidad a partir del aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD).

"Tenemos que reutilizar los residuos, convertirlos en nuevos materiales y volverlos a colocar en la línea productiva", destaca el especialista, quien agrega que los RCD incluyen a todos aquellos restos sólidos que sobran o quedan como residuos después de construir o demoler un edificio, una casa, excavación o reparación entre otras obras civiles.

Explicó que este tipo de economía circular está cobrando cada vez más importancia en Latinoamérica. Actualmente, ya es implementada en países como Estados Unidos, Canadá o Alemania, donde esta metodología está en uso por una necesidad de tipo ambiental y por la degradación que genera la industria de la cons-



EL INVESTIGADOR COLOMBIANO HERNÁN DARIÓ CAÑOLA DICTÓ UNA CHARLA EN LA UCN.

trucción.

"En Latinoamérica estamos empezando a notar y analizar que los residuos de la construcción son un recurso inagotable. Es decir, cada vez que ejecutamos proyectos y hacemos demoliciones, esos productos los podemos volver a integrar a la cadena productiva para generar nuevos proyectos de construcción alternativos".

En este contexto, añade que es posible reutilizar materiales descartados como madera, cobre, cerámicos, plásticos y acero, los que pueden tener un nuevo uso en bloques, pisos, adoquines, enchapes y en arquitectura exterior e interior. "El acero es muy interesante, porque lo podemos implementar como pigmentos para gene-

rar concretos oxidados", sostuvo el especialista.

CLAVES

El investigador colombiano entregó una serie de tips y claves que pueden ser de utilidad para el mejor aprovechamiento de este recurso en la región de Antofagasta.

En primer lugar, planteó que los materiales de residuos de construcción y demolición RCD, como materias primas, pueden convertirse en recursos inagotables.

Indicó que en la región de Antofagasta y en Chile en general, como país sísmico, los RCD pueden ser implementados en elementos no estructurales, como revestimientos y adoquines, entre otros.

En tercer término, dijo que es necesario mirar el reciclaje de los RCD desde la perspectiva de la gestión ambiental con énfasis en el cuidado del medio ambiente.

Un cuarto aspecto considera desarrollar inclusión social desde el aprovechamiento de los RCD e involucrar a las comunidades vulnerables generando nuevos proyectos.

Un último punto toma en cuenta salir del modelo lineal y generar una economía circular, donde los residuos puedan tener un valor extra.

CONFERENCIA

El arquitecto y constructor colombiano dictó en la UCN la conferencia "Construcción sostenible, economía circular: economía sostenible para el medio ambiente y la sociedad", donde abordó aspectos como la economía circular y sostenibilidad, con un enfoque relacionado con la gestión ambiental, responsabilidad social y gestión de proyectos.

La actividad, abierta a académicos y estudiantes, entregó información sobre cómo, a partir de material de descarte, se pueden generar proyectos productivos que impacten en forma positiva a la sociedad y el medio ambiente. La jornada fue organizada por el Departamento de Gestión de la Construcción de la UCN, oportunidad donde el director de esa unidad académica, Óscar Rojas Cazaluade, enfatizó que la exposición del especialista en Antofagasta es en el marco de la vinculación que desarrolla el departamento en cuanto a la incorporación de la metodología de Aprendizaje más Servicio (A+S).

El académico aclaró que la idea es profundizar en aspectos relativos a la economía circular y relacionados con la doble titulación con la casa de estudios colombiana.

COLEGIO PARTICULAR
REQUIERE CONTRATAR
PARA SU PLANTA DOCENTE 2024. PARA LA CIUDAD DE ANTOFAGASTA

PROFESORES
EDUCACIÓN GENERAL BÁSICA
De preferencia con mención en Matemática, Lenguaje e Inglés

PROFESORES
ENSEÑANZA MEDIA
En las asignaturas de: Matemáticas e Historia y Geografía

Enviar curriculum vitae actualizado a:
admissionprofesoresantofagasta@gmail.com

Bibliografía.

- J. Wang, H. Wu, V. W. Y. Tam, and J. Zuo, "Considering life-cycle environmental impacts and society's willingness for optimizing construction and demolition waste management fee: An empirical study of China," *J Clean Prod*, vol. 206, pp. 1004–1014, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.09.170.
- Y. Yu, D. M. Yazan, V. Junjan, and M. E. Iacob, "Circular economy in the construction industry: A review of decision support tools based on Information & Communication Technologies," *Journal of Cleaner Production*, vol. 349. Elsevier Ltd, May 15, 2022. doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131335.
- W. Ashraf, H. El-Karmoty, M. Ebid, and S. Okba, "Recycled construction and demolition concrete wastear aggregate for structural concrete," *HBRC Journal*, vol. 9, pp. 193–200, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2013.08.007>.
- H. D. Cañola, K. Venegas, G. F. B. Sandoval, and Á. F. do Couto, "Demolition Waste as an Alternative Aggregate for Plaster Mortars," in *Proceedings of the 7th World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering*, Avestia Publishing, Apr. 2022. doi: 10.11159/icsect22.178
- L. M. Chica-Osorio and J. M. Beltrán-Montoya, "Demolition and construction waste characterization for potential reuse identification," *DYNA (Colombia)*, vol. 85, no. 206, pp. 338–347, Jul. 2018, doi: 10.15446/dyna.v85n206.68824.
- H. Cañola, F. Granda, and K. Quintero, "Aprovechamiento de residuos en la construcción de galpones como alternativa de sostenibilidad en el corregimiento El Prodigio, en San Luis, Antioquia," *Tecnológicas*, vol. 24, 2021, doi: 10.22430/22565337.1830