

# Vidrio molido como tecnología sostenible en el concreto hidráulico

## Grounded glass as a sustainable technology in hydraulic concrete

Andrés Rojas-Ramos<sup>1</sup>

---

Rojas-Ramos, A. Vidrio molido como tecnología sostenible en el concreto hidráulico. *Tecnología en Marcha*. Vol. 34, especial. Movilidad Estudiantil. Octubre 2021. Pág 13-18.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v34i5.5907>



<sup>1</sup> Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.  
Correo electrónico: [andres15rojas96@gmail.com](mailto:andres15rojas96@gmail.com)  
 <https://orcid.org/0000-0001-9129-9295>

## Palabras clave

Residuos vítreos; vidrio molido; sustitución de cemento Portland; sostenibilidad; tecnología en concreto.

## Resumen

El concreto hidráulico es considerado como el recurso hecho por el ser humano más consumido, no obstante, la elaboración de este implica una contaminación en el medio ambiente de manera directa e indirecta. Dentro de los componentes del concreto hidráulico se presenta cemento hidráulico, el cual, además de corresponder al elemento más caro del concreto hidráulico, también es el que provoca mayor contaminación en su fabricación, emitiendo una alta cantidad de CO<sub>2</sub>. El presente artículo expone una serie de características y beneficios que posee el uso de vidrio molido como sustituyente parcial del cemento en el concreto hidráulico, siendo esta una propuesta prometedora para acercar el mundo de la construcción a la sostenibilidad. Investigadores alrededor del mundo, se han encargado de buscar la optimización de la mezcla de concreto tomando en cuentas las variables que están ligadas a esta. Dichas investigaciones han obtenido resultados positivos, mostrando que esta propuesta implica ventajas no solo ambientales, si no también mecánicas y económicas.

## Keywords

Glass waste; grounded glass; substitution for Portland cement; sustainability; concrete technology.

## Abstract

Hydraulic concrete is considered as the most consumed human-made resource; however, its elaboration implies a direct and indirect environment pollution. The hydraulic cement is one of the principal components of hydraulic concrete, which, besides to be the most expensive element of hydraulic concrete, is also the one that causes the greatest contamination in its manufacture, emitting a high amount of CO<sub>2</sub>. This article discloses some of the characteristics and benefits of using ground glass as a partial substitute for cement in hydraulic concrete, being this a promising proposal to bring the world of construction closer to sustainability. Researchers around the world have been in charge of seeking the optimization of the concrete mix considering the variables that are linked to it. Those investigations have obtained positive results, showing that this proposal implies not only environmental, but also mechanical and economic advantages.

## Introducción

El ámbito de la construcción presenta una alta demanda alrededor del mundo, provocando así una demanda sumamente alta de materiales constructivos, tal como es el caso del concreto hidráulico. La elaboración de este y sus componentes conlleva una contaminación al medio ambiente directa e/o indirectamente.

Dentro de las soluciones que se han propuesto para disminuir el impacto ambiental que provoca el cemento hidráulico es realizar una sustitución de este por un material más amigable con el medio ambiente.

Investigadores se han encargado de encontrar una variedad de materiales aptos para sustituir el cemento, materiales con características aglutinantes. El vidrio molido, además de presentar propiedades aglutinantes, es un material de fácil acceso con cualidades ecológicas, según Cabezas & Zamora [1] es un material 100% reciclable, por lo tanto, es una solución con alto potencial de uso y desarrollo. Para lograr la utilización correcta de este material como componente del concreto hidráulico, el producto final debe de cumplir con los mínimos de las normas correspondientes en Costa Rica.

El presente documento presenta una investigación cualitativa enfocada en las ventajas que presenta el uso del vidrio molido como una tecnología sostenible en el concreto hidráulico, siendo esta una oportunidad de mejora ambiental y económica.

## Concreto Hidráulico

El concreto hidráulico es definido, según la Portland Cement Association [2], como una mezcla de dos componentes, los agregados y la pasta (ver figura 1). Los agregados son subdivididos en dos tipos, los agregados gruesos y finos. Según las normas ASTM, los agregados finos poseen un tamaño de máximo nominal menor a 4.75 mm, estos suelen ser arenas, las cuales poseen diferentes características relacionadas a su proveniencia. De igual manera, se denominan los agregados gruesos a los cuales poseen un tamaño entre 4.75 mm y 150 mm, estos suelen ser piedras, que, al igual que la arena, poseen características diferentes relacionadas a su punto de extracción. Por otro lado, la mencionada pasta del concreto hidráulico corresponde a producto de la mezcla de material cementante con agua. El material cementante utilizado en el concreto hidráulico se denomina cemento hidráulico, el cual, según INTECO [3], corresponde a un material inorgánico finamente molido, el cual es producto de la mezcla de material calcáreo y material arcilloso. El cemento hidráulico posee características aglutinantes cuando es hidratado. Al crearse esta pasta se producen enlaces químicos, provocando así una mezcla endurecida con una resistencia y estabilidad.



**Figura 1.** Diagrama de componentes del concreto hidráulico.

El cemento hidráulico es el componente más caro del concreto y, por lo general, el que implica mayor contaminación en su obtención. La Universidad Nacional de Colombia [4] indica que, en el 2014 la industria del cemento aportó entre 2800 y 3500 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, lo que constituye entre el 5% y el 8% del total de las emisiones resultantes de actividades humanas.

El tipo de cemento hidráulico más utilizado es el Portland, este se constituye de Clinker y yeso. Al ser este el material cementante más utilizado, se han creado diferentes tipos de este a lo largo del tiempo, cada tipo se presenta para un uso específico. Cuevas Kauffmann, [5] describe los 5 principales tipos de cemento Portland de la siguiente manera:

- Tipo I: Cemento para uso general.
- Tipo II: Cemento para uso general con calor de hidratación menor y moderada resistencia al ataque de sulfatos.
- Tipo III: Cemento con alta resistencia a temprana edad.
- Tipo IV: Cemento con bajo calor de hidratación
- Tipo V: Cemento con alta resistencia al ataque de sulfatos.

Se debe de recalcar que, el concreto hidráulico es el material hecho por el ser humano más usado en el mundo, según lo confirma la Global Cement and Concrete Association [6], es el recurso más consumido, siendo únicamente superado por el agua. Debido a esto, es de suma importancia procurar que, tanto el material, como el proceso directo e indirecto de su obtención, sean amigables con el medio ambiente.

### **Tecnologías sostenibles modernas en el concreto hidráulico**

Como fue mencionado anteriormente, el concreto hidráulico es un material con una alta demanda mundial, además, al no ser un material natural, este produce contaminación al medio ambiente. Debido a esto, se han realizado investigaciones para mejorar el aspecto sostenible del concreto a lo largo del tiempo.

Uno de los retos más grandes del ámbito de la construcción que se han desarrollado en los últimos años, ya que, a pesar de que se poseen tecnologías modernas y mejoras en los procesos, sigue existiendo un tradicionalismo en los materiales utilizados. Es necesario el avance de las investigaciones con respecto a la obtención de soluciones sostenibles óptimas, de esta manera mantener un compromiso con el medio ambiente y, a su vez, mejorar el desempeño de los productos.

Dentro de las mayores ventajas que conlleva trabajar concretos sostenibles Payá [7] indica que, obtener opciones sostenibles en el concreto hidráulico no solo puede significar una mejor en el aspecto ambiental, si no también económica.

Actualmente se tienen estudios que buscan realizar una sustitución parcial o total de los componentes del concreto hidráulico. Esta sustitución procura utilizar materiales más ecológicos sin comprometer el desempeño y la durabilidad del producto.

Parte de los materiales utilizados en las sustituciones investigadas de los últimos años se encuentran los proyectos de GAEDICKE [8] y Bosi [9], los cuales estudian el uso de residuos de obras civiles como material reciclable, también se tiene el proyecto de IBRAHIM [10], donde se utiliza corteza de palma en diferentes porcentajes de incorporación. Además, Bernardo [11] aporta información con su estudio en el ámbito de la utilización de cascara de arroz, en el cual, a nivel nacional se encuentra el estudio de Martínez [12].

### **Vidrio reciclable en el concreto**

Tal como fue mencionado, existe un amplio mundo de investigación en la sustitución de los componentes del concreto hidráulico, dentro del cual se encuentra la utilización de vidrio reciclado.

El vidrio posee características que lo catalogan como un ecológico, Cabezas & Zamora [1] indican que es un material 100% reciclable, o sea, puede ser reutilizado y reciclado innumerables veces sin perder su calidad. Además, tomando en cuenta que, según Flores [13], el vidrio representa el 7% de los residuos en la basura, corresponde a un material con un alto potencial de uso y aprovechamiento.

Garza [14] indica que en Costa Rica se cuenta con el 14% del total de vidrio que se recupera en Centroamérica para ser reciclado. Además, se cuenta con aproximadamente 200 centros de acopio públicos y privados que gestionan la separación y comercialización de residuos para así proveer a diferentes empresas de reciclaje. Dado esto, se identifica a Costa Rica como un país con una oportunidad de aprovechamiento del vidrio alta.

El uso del vidrio como componente del concreto hidráulico posee variables en su incorporación, estas se basan en el color y composición del vidrio, tamaño del vidrio y cantidad incorporada.

BIGNOZZI [15] compara el comportamiento de diferentes tipos de vidrios en el concreto hidráulico, indicando que el vidrio tipo transparente soda-cal presenta las menores reacciones químicas que perjudican el concreto. De igual manera, los estudios de CORINALDESI [16], SHAO [17], FEDERICO [18] y JANI [19] indican que no se identifican reacciones químicas que perjudiquen al concreto con sustitución parcial del cemento por vidrio al poseer un tamaño de partícula de  $75\mu\text{m}$  o menor, y por esta misma razón no se recomienda utilizar este material como agregado fino, si no, como sustitución o adición al cemento.

## Beneficios en el concreto

Los estudios que realizan sustitución en el cemento por vidrio molido llevan un camino correcto para lograr obtener mezclas óptimas. Si bien es cierto que aún faltan avances en este ámbito, se han obtenido resultados positivos investigando las diferentes variables correspondientes en el caso.

KHMIRI [20], concluyen que, al evaluar tamaños de vidrio de 100, 80, 40 y  $20\mu\text{m}$  con un porcentaje de sustitución de 20% en un cemento CP I, se obtiene una mejora en el desempeño mecánico de un 2% al utilizar un tamaño de vidrio de  $20\mu\text{m}$ .

Utilizar vidrio molido como componente del concreto representa una ventaja en el ámbito ambiental, provocando un acercamiento al concreto sostenible. Además, al utilizar el vidrio molido como sustitución del cemento, se reduce el consumo de cemento, provocando una reducción de emisión de gases contaminantes. Al utilizar menos cantidad de este material, se verá reducida la producción de este, por lo tanto, menor contaminación de parte de esta industria. Por otro lado, al reducir el consumo de cemento en las mezclas de concreto, y recordando que este es el componente más caro de la mezcla, significaría un ahorro económico para los usuarios. Siendo así sustituido por un material más barato en el mercado.

## Conclusiones

El uso de vidrio molido en el concreto ha presentado resultados favorables en el desempeño del concreto hidráulico, a su vez, contribuye con el desarrollo de un sistema sostenible en el ámbito de la construcción. Además de presentar mejoras mecánicas, el uso de vidrio molido en el concreto hidráulico provoca una reducción de uso de material cementante, reduciendo así las emisiones de  $\text{CO}_2$ . A pesar de que es un ámbito en el que hacen falta investigaciones, los estudios han llevado un camino correcto al buscar la optimización.

Además, el vidrio es un material que posee un alto potencial de aprovechamiento en Costa Rica, además de ser de fácil acceso, tiene características ecológicas.

Por lo tanto, el uso de este material en la mezcla de concreto hidráulico, abre las puertas a investigaciones futuras buscando obtener soluciones ecológicas, de esta manera obtener beneficios ambientales y económicos.

## Referencias

- [1] J. Cabezas, L. Zamora. (2019). RECICLAJE DE ENVASES DE VIDRIO. [Online] Recuperado de: [http://www.csj.gob.sv/ambiente/images/RECICLAJE\\_ENVASES\\_VIDRIO.pdf](http://www.csj.gob.sv/ambiente/images/RECICLAJE_ENVASES_VIDRIO.pdf)
- [2] Portland Cement Association. (2004). Diseño y control de mezclas de concreto. México: PCA, 456p.
- [3] INTECO. (2015). Construcción. Cemento hidráulico. Especificaciones y Requisitos.
- [4] Universidad Nacional de Colombia. (17 de septiembre de 2015). Reducir el impacto ambiental en la producción de cemento. [Online] Recuperado de: <https://minas.medellin.unal.edu.co/noticias/facultad/396-reducir-el-impacto-ambiental-en-la-produccion-de-cemento>
- [5] R. L. Cuevas Kauffmann. (2017). Concreto [Diapositivas de Power Point]
- [6] Global Cement and Concrete Association. (2020). Página principal. Obtenido de: <https://gccassociation.org>
- [7] J. Payá. (2012). La "transmutación" sostenible de los residuos para nuevas materias primas en el ámbito del concreto. [Online] Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/50095/Paya%20-%20La%20%22trasmutacion%22%20sostenible%20de%20los%20residuos%20para%20nuevas%20materias%20primas%20en%20el%20ámbito%20del....pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [8] C. GAEDICKE et al. (2015). Effect of recycled materials and compaction methods on the mechanical properties and solar reflectance index of pervious concrete. *Revista Ingeniería de Construcción*, v. 30, n. 3, p. 159-167. Obtenido de: [https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v30n3/en\\_art01.pdf](https://scielo.conicyt.cl/pdf/ric/v30n3/en_art01.pdf)
- [9] J. M. Bosi (2020). PROPOSIÇÃO DE MÉTODO DE DOSAGEM DE CONCRETO PERMEÁVEL COM INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS FINAMENTE COMINÚIDOS. FURB, Blumenau, Brasil.
- [10] H. A. IBRAHIM et al. (2016). Effect of palm oil clinker incorporation on properties of pervious concrete. *Construction and Building Materials*, v. 115, p. 70-77. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/publication/301246618\\_Effect\\_of\\_palm\\_oil\\_clinker\\_incorporation\\_on\\_properties\\_of\\_pervious\\_concrete](https://www.researchgate.net/publication/301246618_Effect_of_palm_oil_clinker_incorporation_on_properties_of_pervious_concrete)
- [11] A. Bernardo et al. (2018). Concreto permeável com cinza de casca de arroz residual Permeable concrete with residual rice hull ash. Obtenido de: [https://www.researchgate.net/publication/330088875\\_Concreto\\_permeavel\\_com\\_cinza\\_de\\_casca\\_de\\_arroz\\_residual\\_Permeable\\_concrete\\_with\\_residual\\_rice\\_hull\\_ash](https://www.researchgate.net/publication/330088875_Concreto_permeavel_com_cinza_de_casca_de_arroz_residual_Permeable_concrete_with_residual_rice_hull_ash)
- [12] P. Martínez (marzo de 2020). Comportamiento físico y mecánico de elementos no estructurales a base de concreto elaborado con fibra de cáscara de arroz. Tecnológico de Costa Rica.
- [13] V. Flores (n.d.). RECICLAJE DE VIDRIO. [Online] Recuperado de: [https://www.academia.edu/7165632/RECICLAJE\\_DE\\_VIDRIO](https://www.academia.edu/7165632/RECICLAJE_DE_VIDRIO)
- [14] J. Garza. (14 de agosto de 2019). Costa Rica es el segundo país de Centroamérica que más vidrio recupera y recicla. *La Republica*.
- [15] M. C. BIGNOZZI. (2015). Glass waste as supplementary cementing materials: The effects of glass chemical composition. *Cement and Concrete Composites*, v. 55, p. 45-52.
- [16] L. N. P. CORINALDESI. (2005). Reuse of ground waste glass as aggregate for mortars. *Waste Management*, v. 25, n. 2, p. 197-201.
- [17] Y. SHAO. (2000). Studies on concrete containing ground waste glass. *Cement and Concrete Research*, v. 30, n. 1, p. 91-100.
- [18] L. M. FEDERICO et al. (2009) Waste of glass as a supplementary cementitious material in concrete-critical review of treatment methods, *Cement and Concrete Composites*, v. 31, n. 8, p. 606-610.
- [19] Y. JANI et al. (2014). Waste glass in the production of cement and concrete—A review. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v. 2, n. 3, p. 1767-1775.
- [20] A. KHMIRI et al. (2013). Chemical behavior of ground waste glass when used as partial cement replacement in mortars. *Construction and Building Materials*, v. 44, p. 74-80.