

<https://doi.org/10.47300/actasidi-unicyt-2022-51>

# CONCRETO MODIFICADO CON VIDRIO MOLIDO RECICLADO

**Pinzón Galvis, Sandra**

Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO

Girardot, Colombia

Sandra.pinzon.g@uniminuto.edu

ORCID: 0000-0001-9649-1104

## RESUMEN

En el presente estudio, se presentan los resultados obtenidos de mezclas de concreto hidráulico (Cemento, arena, grava agua), en donde se realizó una reducción parcial de la dosificación del cemento por vidrio molido blanco, con el fin de obtener muestras, las cuales serán sometidas a ensayos de compresión y flexión, se pudo observar un resultado favorable respecto a la utilización del vidrio molido reciclado dentro de la mezcla de concreto. El objetivo de este proyecto era determinar el porcentaje óptimo de vidrio molido de  $\frac{1}{4}$ " de pulgada reemplazando diferentes porcentajes de cemento, que se deben incluir en el diseño de mezcla para la elaboración de mezclas de concreto con resistencias de 17,5 MPa, 21,0 MPa, 24,5 MPa y 28,0 MPa, sometidos a ensayos de compresión como de flexión.

Los diferentes porcentajes que se utilizaron para disminuir el peso del cemento en el concreto tradicional son del 15%, 20%, 25% y 30% reemplazándolo por vidrio molido de  $\frac{1}{4}$ " de pulgada y de esta manera se pudo determinar la resistencia de flexión y compresión de cada una de los diseños de mezcla.

**Palabras clave:** concretos modificados, materiales innovadores, vidrio molido.

## ABSTRACT

In the present study, the results obtained from hydraulic concrete mixtures (cement, sand, gravel, water) are presented, where a partial reduction of the cement dosage by white ground glass was carried out, in order to obtain samples, which were subjected to compression and bending tests, a favorable result could be observed with respect to the use of recycled ground glass within the concrete mix. The objective of this project was to determine the optimal percentage of  $\frac{1}{4}$ " inch ground glass replacing different percentages of cement, which should be included in the mix design for the preparation of concrete mixes with strengths of 17.5 MPa, 21, 0 MPa, 24.5 MPa and 28.0 MPa, subjected to compression and bending tests.

The different percentages that were used to reduce the weight of the cement in traditional concrete are 15%, 20%, 25% and 30%, replacing it with ground glass of  $\frac{1}{4}$ " inch and in this way, it was possible to determine the flexural strength and compression of each of the mix designs.

**Keywords:** modified concrete, innovative materials, ground glass

## 1. INTRODUCCIÓN

Según Terrones et al. (2022) "En la actualidad una de las mayores problemáticas y preocupaciones a nivel mundial es el cuidado del medio ambiente, el reciclaje de materiales reduce la contaminación, crea nuevos productos con menos inversión de materia prima, minimiza la explotación de recursos no renovables y crear nuevas fuentes energéticas y económicas, ..."

La utilización de polímeros en el concreto, que comenzó en los años 1950 en forma de adiciones para mejorar la adherencia y resistencia al desgaste de morteros o la fabricación de mármol artificial, ha dado paso, en los últimos 25 años, a un amplio reconocimiento de los concretos fabricados o modificados con polímeros como material de construcción. Dentro del campo de la tecnología de polímeros, en asociación con el concreto, se pueden distinguir tres tipos de materiales, de acuerdo con sus condiciones de fabricación. El concreto modificado con polímeros se logra adicionando la resina en el mezclado de cemento y agregados, con lo que la matriz ligante queda constituida por cemento y polímero. El concreto impregnado con polímeros se fabrica por introducción de un monómero o polímero en la red de poros del concreto –ya endurecido– y posterior polimerización in situ, lo que provoca un taponamiento de los canales de contacto del concreto convencional con el exterior.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

Según indica Abimael et al. (2021, pág. 4) “el concreto reforzado con fibras se desempeña de mejor manera ante esfuerzos cortantes, de tensión y flexión. Por lo tanto, el uso de fibras en el concreto puede garantizar un mejor desempeño en términos de esfuerzo-deformación respecto a las demandas a las que será sometido. Aunque se esté considerando un material moderno, las fibras se han utilizado históricamente para reforzar materiales frágiles: la paja, para los ladrillos de arcilla cocidos al sol; el pelo de caballo, para las molduras de yeso; el asbesto (hoy prohibido), para fabricados de cemento.”

En 1950 aparecen estudios y patentes de aglomerados de cemento con fibras distribuidas al azar, y en los años sesenta diversos científicos publican artículos que despiertan el interés de la investigación académica e industrial sobre el tema. A partir de ese momento ha existido una actividad muy intensa de investigación sobre estos materiales, a la vez que se ha construido con dichos productos. Como se menciona en el artículo (Galvis, 2013), donde se obtuvo un concreto modificado con fibras de fique, obteniéndose que un porcentaje óptimo para la adición de fibra de fique al concreto es de un valor cercano a  $3.3 \text{ kg/m}^3$  de concreto o 0.3% de peso con respecto al agregado fino. En este estudio también se obtuvo que:

“Al incrementar porcentajes de fibra por encima de 0.5% se presentaron disminuciones considerables en la resistencia a la compresión y en su densidad haciéndolo más liviano y más susceptible a la falla. Ejemplo: para el diseño de 28 MPa con adición de 2.0%, la resistencia fue de 3.79 MPa con una densidad de  $1755.66 \text{ Kg/m}^3$  y para el porcentaje de 1.5% la resistencia fue de 8.53 MPa y su densidad fue de  $1967.64 \text{ Kg/m}^3$ . Concluyéndose que entre más cantidad de fibra de fique se adicione a la mezcla, menor será su resistencia”. (Galvis, 2013, pág. 19).

Teniendo en cuenta la resistencia a la compresión de los concretos reciclados presenta una gran dependencia a las características mecánicas originales de la estructura de concreto triturado utilizado como agregado reciclado

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Basándonos en la literatura se harán ensayos de laboratorio a los compuestos de una mezcla de concreto, para con ellos diseñar la mezcla de hormigón y conocer la caracterización de cada uno de sus materiales.

Luego de calcular la cantidad del cemento se sustituirán porcentajes en peso de este por vidrio molido blanco y se realizaran cada una de las mezclas de 2500 PSI y 3000 PSI con grava de 1” y de 2500 PSI y 3000 PSI con grava de  $\frac{3}{4}$ ” se comparará el comportamiento de las muestras con diferente diámetro de gravilla; se efectuara ensayos de 3500 PSI y 4000 PSI con grava de  $\frac{3}{4}$ ”

sometida a la compresión, de las cuales se tomaran 6 muestras respectivamente, siendo su distribución así:

Se realizara muestras de vigas de 3500 PSI y 4000 PSI con gravilla de ¾", vidrio molido y la reducción del cemento; el método a utilizar para el fallo de las vigas será por medio de la I.N.V.E – 414 –07, (Método de simple cargada en los tercios de la luz). El resultado MR se convertirá como PSI a la compresión baja la siguiente formula:

$$MR = K \sqrt{f'c}$$

MR= Modulo de rotura del concreto en  $\frac{kg}{cm^2}$

F'c= Resistencia a la compresión del concreto en  $\frac{kg}{cm^2}$

K = En Colombia es de aproximadamente 2,39

2500 PSI con gravilla de 1", 2500 PSI con gravilla de ¾", 3000 PSI con gravilla de 1" y 3000PSI con gravilla de ¾"

3500 PSI Y 4000 PSI con gravilla de ¾" sometida a la compresión

3500 PSI Y 4000 PSI con gravilla de ¾" sometida a la flexión

Después de fundidos los cilindros y vigas de concretos, se fallaran los cilindros a los 7,14 y 28 días de edad y las vigas a los 7 días de edad de donde se conocerá la incidencia que genera la presencia del vidrio respecto a la resistencia, a la compresión y flexión obtenida con el paso del tiempo teniendo los datos obtenidos por las roturas de los cilindros y vigas en laboratorio, elaboraremos un comparativo entre la resistencia a la compresión y la flexión

El tipo de investigación que se usó es experimental y su objetivo fundamental es descubrir los efectos que produce el vidrio molido como porcentaje de disminución de cemento en una mezcla de concreto y observar la incidencia en la resistencia a la compresión y flexión y el impacto que generará en la ingeniería este nuevo material por el hecho de ser reciclable.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron los ensayos a compresión y flexión de los cilindros de concretos fabricados con y sin adición de vidrio molido. En las tablas 1 y 2, se puede apreciar la variación que se presenta en los resultados de cilindros y vigas fallados a compresión y flexión respectivamente, en donde podemos ver las variaciones de las resistencias obtenidas cuando es reemplazado el cemento por diferentes porcentajes de vidrio, cuando se elaboraron con agregado grueso de diámetros de 1" y ¾".

En las tablas 1 y 2, se pueden observar los resultados obtenidos en los ensayos a compresión en un tiempo de 28 días, con agregado grueso de ¾" y tamaño de vidrio molido de 1/4".

**Tabla 1.**

*Resultados de resistencia a compresión con gravilla de ¾" de diámetro*

Resistencia de diseño con gravilla de ¾"	Porcentaje de vidrio tamaño 1/4"	Resistencia promedio PSI	Resistencia promedio MPa
2500 PSI - (17,5MPa)	0%	3477	24
	15%	2767	19
	20%	2091	15
	25%	1909	13
	30%	1751	12

3000 PSI - (21,0MPa)	0%	3707	26
	15%	2672	19
	20%	2131	15
3500 PSI - (24,5MPa)	0%	4205	29
	15%	3565	25
	20%	2726	19
	25%	2280	16
	30%	1763	12
4000 PSI -(28,0MPa)	0%	4740	33
	15%	4151	29
	20%	3004	21
	25%	2462	17
	30%	2005	14

*Nota: Resistencia a compresión de muestras de concreto modificadas con vidrio con tamaño de ¼".*

Según los resultados obtenidos, se puede observar que la mezcla que más se acercó a la resistencia requerida, fue la que se modificó con el 15% de vidrio. Lo que nos indica que podemos lograr un reemplazo del material granular.

En la tabla 2, podemos observar los resultados de resistencia a compresión, obtenidos con uso de agregado grueso de tamaño 1", realizando la muestra para una resistencia de 2500 y 3000 psi respectivamente.

**Tabla 2.**

*Resultados de resistencia a compresión con gravilla de 1" de diámetro*

Resistencia de diseño con gravilla de 1"	Porcentaje de vidrio tamaño 1/4"	Resistencia promedio PSI	Resistencia promedio MPa
2500 PSI -(17,5MPa)	0%	3477	24
	15%	2767	19
	20%	1289	9
	25%	1033	7
	30%	749	5
3000 PSI -(21,0MPa)	0%	3316	23
	15%	2554	18
	20%	2259	16

*Nota: Resistencia a compresión de muestras de concreto modificadas con vidrio con tamaño de ¼", y tamaño de agregado grueso 1".*

Según los resultados obtenidos, se puede observar que, para una resistencia a compresión esperada de 2500 psi, se alcanzó la resistencia con un porcentaje de vidrio del 15% y para una resistencia de 3000 psi, no se alcanzó la resistencia esperada.

Para el ensayo a flexión, se realizaron vigas para una resistencia esperada de 3500 y 4000 psi respectivamente, con diferentes porcentajes de adición de vidrio molido. En la tabla 3, podemos observar los resultados obtenidos.

**Tabla 3.**

*Resultados de resistencia a flexión con gravilla de 3/4" de diámetro*

Resistencia de diseño	Porcentaje de vidrio de 1/4"	Esfuerzo en MR	Resistencia promedio en PSI
3500 PSI - (24,5MPa) MR =40 Kg/cm2 con gravilla de 3/4"	0%	46	5189
	15%	31	2403
	20%	35	3006
	25%	32	2640
	30%	27	1794
4000 PSI - (28,0MPa) MR =43 Kg/cm2, con gravilla de 3/4"	0%	52	6777
	15%	35	3139
	20%	40	3926
	25%	37	3448
	30%	31	2343

*Nota: Resistencia a flexión de muestras de concreto modificadas con vidrio con tamaño de 1/4", y tamaño de agregado grueso 3/4".*

En estos resultados podemos observar que en las muestras realizadas no se alcanzó la resistencia a flexión esperada, pero se puede ver que en un porcentaje del 20%, el MR se encuentra muy cercano a lo esperado.

## 5. CONCLUSIONES

Podemos concluir que, para las diferentes resistencias de diseño, se obtuvieron valores por debajo del diseño de mezcla inicial. Los cuales se encuentran cercanos a los 2700PSI, con un 15% de vidrio molido, lo cual nos indica que este material puede ser usado para fines de mobiliario urbano, sardineles, andenes, etc.

Podemos observar que para una resistencia 2500 PSI, el mejor porcentaje de vidrio molido de 1/4" de pulgada es del 15 % obteniendo una proporción de 1: 3: 4, utilizando material granular gravilla de 1" y 3/4".

Se concluye que para una resistencia 3000 PSI, el mejor porcentaje de vidrio molido de 1/4" de pulgada es del 15 % obteniendo una proporción de 1: 2: 3, utilizando material granular gravilla de 1" y 3/4".

Podemos observar que para una resistencia 3500 PSI, el mejor porcentaje de vidrio molido de 1/4" de pulgada es del 15 % obteniendo una proporción de 1: 2,5:3, utilizando material granular gravilla de 1" y 3/4".

Se concluye que para una resistencia 4000 PSI, el mejor porcentaje de vidrio molido de 1/4" de pulgada es del 15 % obteniendo una proporción de 1: 2:3

Podemos observar que para un MR 32, el mejor porcentaje de vidrio molido de  $\frac{1}{4}$ " de pulgada es del 25 % obteniendo una proporción de 1: 2,5:3  
Se concluye que para un MR 35 – 39,5, el mejor porcentaje de vidrio molido de  $\frac{1}{4}$ " de pulgada es del 20 % obteniendo una proporción de 1: 2,50: 3,00.

## REFERENCIAS

- Abimael, C.-B. N., Omar, C.-A., Eduardo, R.-G., Ramón, G.-C. J., Roberto, M.-A. J., & Divya, D. I.-H. (2021). Análisis esfuerzo-deformación de concreto reforzado con fibras metálicas y polímeros. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 1-11.
- Galvis, S. P. (2013). ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DEL CONCRETO MODIFICADO CON FIBRA DE FIQUE. *Ingenierías*, 11.
- Terrones, L. A., Abanto, R. W., Jara, M. Á., & Mondragón, J. E. (2022). Efecto del uso de vidrio reciclado en el diseño de concreto. *Revista Universidad y Sociedad*.

i

---

<sup>i</sup> Los autores del trabajo autorizan a la Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología (UNICYT) a publicar este resumen en extenso en las Actas del Congreso IDI-UNICYT 2022 en Acceso Abierto (Open Access) en formato digital (PDF) e integrarlos en diversas plataformas online bajo la licencia CC: Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

La Universidad Internacional de Ciencia y Tecnología y los miembros del Comité Organizador del Congreso IDI-UNICYT 2022 no son responsables del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en este artículo.