

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v6i11edespmar.0092>

INFLUENCIA DEL VIDRIO TEMPLADO EN LAS MEZCLAS DE CONCRETO CON CEMENTO PORTLAND

INFLUENCE OF TEMPERED GLASS IN CONCRETE MIXTURES WITH PORTLAND CEMENT

Villao-Vera Raúl Andrés ¹; Barba-López Rómulo Alejandro ²;
Mármol-Acosta Xavier Emmanuel ³

¹ Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador.
Correo: rvillao@upse.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9125-6535>

² Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
Correo: romulo.barbal@ug.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7674-2623>

³ Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador.
Correo: xavier.marmola@ug.edu.ec. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9738-2276>

Resumen

El cemento es uno de los productos más utilizados para la construcción desde épocas antiguas, la necesidad del ser humano de poder contar con refugio en sitios seguros que resistan los embates de la naturaleza, esto ha creado la necesidad de buscar nuevos y mejores materiales que aparte de brindar resistencia y durabilidad sean bajos en costos y amigables con el medio ambiente, este es el caso del cemento Portland, el cual presenta ciertas características de resistencia pero que se le adiciona vidrio templado. El objetivo de esta investigación es determinar cómo influye precisamente la incorporación a la mezcla de cemento Portland el elemento vidrio. La metodología empleada es la de tipo documental bibliográfica, la cual se realizó mediante la revisión sistemática de documentos, publicaciones científicas, tesis, libros, entre otros documentos relevantes sobre el tema. Como conclusión se puede decir que resulta exitoso la incorporación de elementos como el vidrio en las mezclas de concreto cuyo principal componente es el cemento Portland, ya que se ha observado la alta resistencia del concreto y de igual manera se contribuye con el reciclaje del vidrio.

Palabras clave: cemento portland, concreto, vidrio.

Abstract

Cement is one of the most used products for construction since ancient times, the need of the human being to be able to have refuge in safe places that resist the ravages of nature, this has created the need to look for new and better materials that separate To provide resistance and durability are low in cost and friendly to the environment, this is the case of Portland cement, which has certain resistance characteristics but tempered glass is added. The objective of this research is to determine how precisely the glass element influences the incorporation into the Portland cement mixture. The methodology used is the bibliographic documentary type, which was carried out through the systematic review of documents, scientific publications, theses, books, among other relevant documents on the subject. In conclusion, it can be said that the incorporation of elements such as glass in concrete mixtures whose main component is Portland cement is successful, since the high resistance of concrete has been observed and in the same way it contributes to the recycling of glass.

Keywords: portland cement, concrete, glass.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 09 de enero de 2023.

Fecha de aceptación: 23 de marzo de 2023.

Fecha de publicación: 31 de marzo de 2023.



1. Introducción

Desde tiempos inmemoriales, la humanidad ha buscado refugio, los primeros hombres de la tierra usaban cavernas para resguardarse no solo de la afectación de los elementos, sino también de los animales que podrían llegar a ser mortales de encontrarlos en terrenos totalmente desguarnecidos. Sin embargo, y a pesar de que estas viviendas resguardaron a los seres humanos durante un gran tiempo, los seres humanos se vieron en la necesidad de migrar a otros territorios por múltiples razones, como por ejemplo la comida, esto hizo que se comenzaran a realizar construcciones improvisadas para ser usadas como viviendas, estas viviendas se construían con cualquier material que estuviese disponible en el lugar y el momento.

Sin embargo, esto se mantuvo por varios siglos hasta que poco a poco el ingenio y curiosidad de los seres humanos dieron resultados y tras probar con diversos materiales se encontraron con la mezcla perfecta la cual se conoce básicamente como cemento, esto se perfecciono con el pasar del tiempo y a medida que se fueron adicionando más materiales.

Por otro lado, ya en tiempos más actuales se pueden evidenciar la gran cantidad de estructuras en centros urbanos fabricados casi en su totalidad por algún tipo de mezclas de concreto, dentro de las que se destacan el hormigón o concreto armado. Al respecto, Flores et al. (2018) afirman lo siguiente:

La sustitución con agregado de vidrio da lugar a un mejor comportamiento a alta temperatura de los morteros estudiados. Los coeficientes de conductividad térmica medidos justifican el mejor comportamiento físico y mecánico a alta temperatura de los morteros con agregado mixto, puesto que al transmitirse el calor más lentamente, a su vez el nivel de deterioro térmico del material se ralentiza (p.263)

Perea (2021) menciona que es preocupante la cantidad de desechos de vidrio que van a parar en los vertederos, contribuyendo así a la mala disposición de los desechos del vidrio y provocando un aumento en la problemática ambiental que se vive en la actualidad, es por esto que la investigación reviste de gran

importancia con el fin de conocer las diferentes consideraciones en cuanto a la incorporación o no de materiales de vidrio a las mezclas de concreto.

Esto conlleva a innovar en cuanto a la incorporación de materiales que provengan del reciclaje, lo cual le da un valor agregado de sustentabilidad e incluso economía en la producción del cemento, evitando así males mayores en cuanto al medio ambiente, así como se aumentan las resistencias de materiales transformándolos en más duraderos y fuertes.

2. Metodología

La investigación que a continuación se presenta, se realizó bajo un enfoque de búsqueda sistemática y lógica en los principales motores de búsqueda disponibles en la web, el principal Google Académico, en el que se encuentran una serie de documentos como tesis de grados, artículos de rigurosidad científica los cuales están indexados en revistas como Redalyc, Dialnet, Latindex, entre otras. De igual manera se revisaron publicaciones referentes al tema del cemento a nivel mundial,

todo esto bajo una metodología de tipo documental, en la que los datos que se expresan en el desarrollo de la investigación de fuentes secundarias, haciendo uso de las publicaciones académicas científicas que se localizaron en los motores de búsqueda.

Al respecto de las investigaciones de tipo documental, Reyes y Carmona (2020) afirman que la investigación documental es una de las técnicas de la investigación cualitativa que se encarga de recolectar, recopilar y seleccionar información de las lecturas de documentos, revistas, libros, grabaciones, filmaciones, periódicos, artículos resultados de investigaciones, memorias de eventos, entre otros; en ella la observación está presente en el análisis de datos, su identificación, selección y articulación con el objeto de estudio.

3. Resultados y discusión

El concreto es un material que se obtiene mediante una mezcla proporcionada de cemento, arena, grava y agua, esta al consolidarse forma una piedra artificial la cual posee una gran oposición a las

fuerzas de compresión. Esta mezcla ha sido tradicionalmente utilizada por el ser humano durante muchos años con el fin de mejorar las obras civiles y, por consiguiente, mejorar la calidad de vida de las personas (Carballo y Rodríguez, 2019).

Por otro lado, Ramos (2019) mencionan en su trabajo de tesis que el cemento está constituido por caliza, grava, arena y H₂O, en estado flexible toma la representación del recipiente que lo contiene, para que el concreto se forme debe darse una fuerza o interacción química entre la caliza y el H₂O, esto forja que la mezcla

fragüe y se convierta en una unidad rígida, se utiliza como material de edificación y resiste enormes cargas de compresión.

De igual manera, Franco y Mora (2019) definen al cemento como un material particulado que a más de óxido de calcio está compuesto por: sílice, alúmina y óxido de hierro y que, completando su formación por la adición de una cantidad adecuada de agua, pasta conglomerante que tiene la propiedad de endurecer tanto con el agua como en el aire.

Seguidamente, se puede observar en la siguiente tabla 1 la composición química del cemento.

Tabla 1. Composición Química del Cemento

COMPONENTES	CEMENTO PACASMAYO TIPO I
Óxido de Sílice: SiO ₂	19.8 - 26.45%
Óxido de Hierro: FeO ₃	2.1 - 4.5%
Óxido de Aluminio: Al ₂ O ₃	4.1 - 9.5%
Óxido de Calcio: CaO	58.2 - 65.6%
Óxido de Magnesio: MgO	2.9%
Sulfatos: SO ₃	0.1 - 2.2%
Pérdida por Calcinación: P.C	0.2 - 2.8%
Residuo Insoluble: R. I	0.1 - 1.4%
Cal Libre: Cao	0.1 - 4%
Álcalis: K ₂ O, Na ₂ O	0.1 - 2.8%
Silicato Tricálcico: C ₃ S	49.0 - 79.0%

Fuente: (Espino y Vazquez, 2021)

El cemento es uno de los materiales más demandados en el mundo por el sector construcción, al respecto de esto León et al. (2020) menciona en su artículo lo siguiente:

El consumo a nivel mundial de cemento alcanzó las 4,129Mt en el 2016, logrando un avance de 1,8% con respecto al año 2015 y, en el 2015, se contrajo en 2,4% con respecto al 2014; China continuó liderando la demanda de cemento con 2,395Mt en el 2016, alcanzando el 58% de la participación mundial. Dicha participación alcanzó su punto máximo en el año 2014 con 59,4%; excluyendo a China, el consumo mundial de cemento alcanzó las 1,734Mt en el 2016, creciendo un 1,0% con respecto al 2015; en América hay países como México que en el año 2015 el valor de la producción ascendió a la capacidad productiva del cemento fue de 45 millones de toneladas y la mayor parte de la producción de cemento es el Portland (p. 3)

Esto indica la gran cantidad de demanda que existe de este material a nivel de construcción en el mundo

entero, esto se debe a que es el principal elemento con el cual se realizan las diversas construcciones en prácticamente todos los rincones del planeta, sin embargo este elemento es contaminante, principalmente desde su proceso de extracción, procesamiento y distribución, así como en su uso y disposición final, generando un problema al medio ambiente, incluso a la salud de los seres humanos.

A continuación, García (2020) realiza una clasificación del cemento:

- Concreto simple el cual es una mezcla del cemento portland, agregado fino, agregado grueso y agua.
- En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento.
- El agregado fino, deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar cubierto por la misma pasta.
- Además, se tiene al concreto armado cuando al concreto simple le agregas una armadura con acero refuerzo para soportar los esfuerzos de tracción.
- Por último, se tiene al concreto estructural el cual es un concreto

simple cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado de acuerdo a especificaciones precisas que garanticen una resistencia mínima programada.

De igual manera, el mismo autor García (2020) define una secuencia de cómo se debe realizar la mezcla de cemento, a continuación, se define:

- a) Elección de la resistencia promedio.
- b) Elección del Asentamiento (Slump).
- c) Selección del tamaño máximo del agregado grueso.
- d) Estimación del agua de mezclado y contenido de aire.
- e) Selección de la relación agua/cemento (a/c).
- f) Cálculo del contenido de cemento.
- g) Estimación del contenido de agregado grueso y agregado fino.
- h) Ajustes por humedad y absorción.
- i) Cálculo de proporciones en peso.

En torno a esto, se puede decir que el cemento ha sido una mezcla que desde tiempos inmemoriales es utilizada para la realización de múltiples creaciones, no solo en la fabricación de casas, edificios o estructuras de este tipo, sino también en artesanías, herramientas de trabajo o alguna otra aplicación de utilidad para el hombre. Sin embargo, a lo largo de los años estas mezclas han sido perfeccionadas mediante la técnica de agregar algún tipo de elemento que acople perfectamente con los otros elementos y se fusionen para llegar a lo que hoy se conoce como uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo entero.

En función de esto, es importante mencionar, que el cemento Portland presenta cinco tipos de este cemento, los cuales según Rojas (2021) son los siguientes:

- 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.

Ahora bien, el cemento portland es un conglomerante que cuando se mezcla con áridos, agua y fibras de acero discontinuas tiene la propiedad de conformar una mezcla pétreo resistente y duradera denominada hormigón (Trejo, 2019)

De la misma manera, este cemento presenta ciertas características tanto físicas como químicas, las cuales resultan de interés para comprender las características de este cemento, estas características han sido descritas por Trejo (2019) el cual en su tesis las revela, a continuación las características del cemento Portland:

Propiedades físicas:

- Hidráulica: La reacción de la hidratación entre el cemento y el agua es única: el material fragua y luego se endurece. La naturaleza hidráulica de la reacción permite que el cemento hidratado se endurezca aún bajo el agua.
- Estética: Antes de fraguar y endurecerse, el cemento hidratado presenta un comportamiento plástico. Por lo tanto, se puede vaciar en moldes de diferentes formas y figuras para generar arquitecturas estéticamente interesantes, que serían difíciles de lograr con otros materiales de construcción.
- Durabilidad: Cuando se usa correctamente (por ejemplo, con buenas prácticas de diseño de mezclas de concreto) el cemento puede formar estructuras con una vida de servicio larga que soporte los cambios climáticos extremos y agresiones de agentes químicos.
- Acústicas: Utilizados con un diseño adecuado, los materiales basados en cemento pueden servir para un excelente aislamiento acústico.

Tabla 2. *Propiedades Químicas del Cemento Portland*

Propiedades químicas			
Nombre	Formula	formula de óxidos	%
Silicato dicálcico	Ca_2SiO_4	$\text{SiO}_2 - 2\text{CaO}$	32%
Silicato tricalcico	Ca_3SiO_5	$\text{SiO}_2 - 3\text{CaO}$	40%
Aluminio tricalcico		$\text{Al}_2\text{O}_3 - 3\text{CaO}$	10%
Ferroaluminio tetracálcico	$\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Fe}_2\text{O}_{10}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{FeO}_3 - 4\text{CaO}$	9%
Sulfato de calcio	CaSO_4		2-3%

Fuente: (Trejo , 2019)

En cuanto a la fabricación de este tipo de cemento, Carrera (2021) explica en su investigación las cuatro fases por las que el cemento Portland pasa para su fabricación, las cuales se describen a continuación:

- 1) Extracción de materia prima: Se constituye en la excavación de caliza y arcilla en canteras a cielo abierto, con el uso de excavadoras para materiales blandos y mediante explosivos para los materiales más duros de extraer.
- 2) Almacenamiento y preparación de la materia prima: Se da en silos o tolvas para pequeñas cantidades, mientras que en mayor volumen de uso se apila en campos cubiertos. La preparación depende del mineral,

muchos de ellos deben pasar por una serie de tratamientos para cumplir con el tamaño de grano, el mismo que dará la homogeneidad a la mezcla.

2.1) Cribado: Los granos más grandes son separados mediante cedazos de diferentes tamaños.

2.2) Trituración: Esta etapa tiene un paso anterior para los trozos grandes, los cuales pasan por chancadoras, para disminuir su tamaño. Al momento que existe una consistencia en el grano, pasan al molino para triturar la materia prima.

2.3) Pre homogeneización: Es la clasificación de la materia prima, se distribuye por su

composición química y tamaño de forma uniforme.

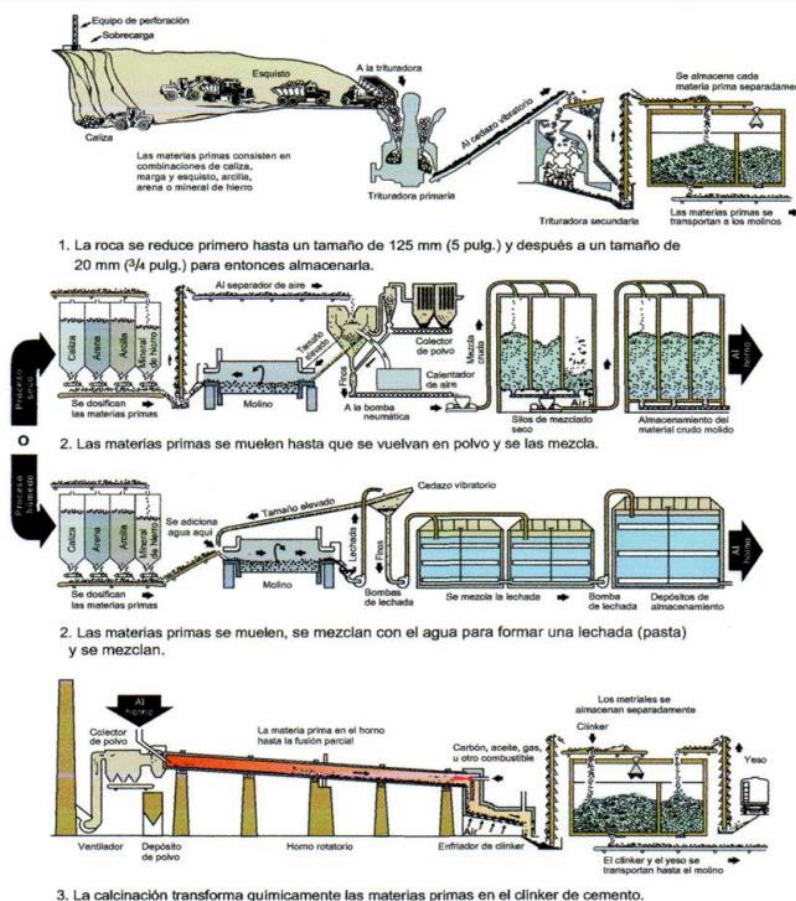
2.4) Secado: Se elimina el agua que puede contener la materia prima mediante hornos, obteniendo un polvo fino.

3) Cocción del crudo: Los materiales homogeneizados ingresan al horno, a una temperatura entre 1400 y 1500 °C y se producen las reacciones químicas que forman el Clinker. Dentro del horno se producen diversos cambios:

- Secado total del material.
- Descomposición de carbonato cálcico (CaCO_3) en óxido cálcico (CaO) y dióxido de carbono (CO_2).
- Clinkerización donde se forman los diversos silicatos, aluminatos y ferro aluminatos de calcio.

En la siguiente figura 1 se puede observar el proceso de fabricación del cemento Portland.

Figura 1. Representación Esquemática de la Fabricación Tradicional del Cemento Portland



Fuente: (Carrera, 2021)

En la actualidad se han logrado ciertos avances en cuanto a la adición de materiales a las mezclas de cementos para lograr un mejor resultado en la resistencia del cemento, este es el caso del vidrio, el cual es un producto cuyo elemento principal se encuentra en la naturaleza.

En torno a esto Soberon (2022) afirma que el vidrio es un producto que en sí mismo no contamina al ambiente, sino que más bien el problema se genera por la mala disposición final de los desechos derivados de este, el vidrio es 100%

reciclable un número indeterminado de veces, sin embargo, al parecer solo se producen más y más envases de vidrio en vez de reutilizar los ya existente (consumiéndose altísimas cantidades de energía, extrayéndose cantidades mayúsculas de materia prima y generando emisiones de CO₂), que contribuye al crecimiento de vertederos, lo que provoca problemas a la salud incluso de los seres humanos.

A continuación, en la siguiente figura 2 puede observarse la distribución de los componentes del vidrio.

Figura 2. Composición del Vidrio en Porcentajes



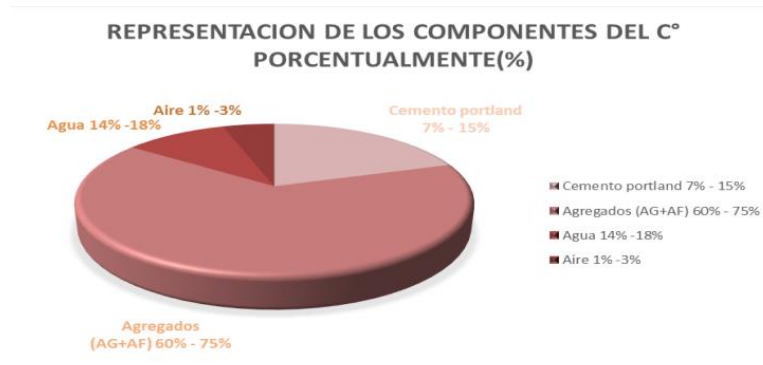
Fuente: (Soberon, 2022)

Ahora bien, una mezcla de concreto está compuesta por varios elementos entre los cuales cuenta por supuesto del cemento, el concreto es una combinación de dos factores: árido, masilla. Una pasta que consta de cemento Portland y

agua, combinado con áridos (gravas y arena) formación de masas rocosas, el cual se endurece por una reacción química del cemento y agua (Abanto y Gil, 2022). Seguidamente, la siguiente figura 3 se puede

observar la distribución general de una mezcla de concreto.

Figura 3. Composición del Concreto



Fuente: (Abanto y Gil, 2022)

La adición de un compuesto reciclado como lo es el vidrio, resulta interesante ya que se presume que estos elementos le proporcionan a la mezcla para el concreto un aumento en su resistencia, en este sentido se han realizado múltiples estudios para determinarlo, tal es el caso de Abanto y Gil (2022) quienes realizaron un trabajo de investigación en el que realizaron pruebas de adición de vidrio molido reciclado, llegando a la conclusión de que al adicionar más % de vidrio molido la resistencia se incrementa significativamente. Se determinó que al adicionar vidrio molido el asentamiento tiende a disminuir en comparación con el concreto patrón ya que se ve un aumento de 9.53%.

Del mismo modo, Ingaroca y Yoplac (2022) realizaron la investigación en la que sustituyeron en al menos un 5% de vidrio molido a la mezcla básica de cemento Portland resultando en un ligero aumento en la resistencia con respecto a la mezcla patrón o "básica", lo cual apoya la tesis planteada sobre los beneficios de adicionar vidrio reciclado al concreto.

Por otro lado, la adición de vidrio reciclado contribuye al medio ambiente evitando que toneladas de vidrio perezca en vertederos y aumente a la gran contaminación en el mundo.

4. Conclusiones

Los materiales de construcción deben ser resistentes, pero al mismo tiempo con costos de producción deben ser reales y sobre todo alcanzables, es por esto que las innovaciones en cuanto a la incorporación de nuevos materiales son importantes para lograr el equilibrio óptimo sin perder resistencia y durabilidad.

Las mezclas de concreto representan las bases fundacionales para diferentes tipos de construcciones, como viviendas, centros de negocios, edificios, entre otras edificaciones, por lo cual deben ser materiales de óptima calidad. En este sentido, el cemento Portland el cual es uno de los más usados en el mundo, es uno también de los que más pruebas con aditivos se realizan.

Se han determinado que mezclar el cemento Portland con vidrio templado reciclado contribuye al aumento de la resistencia y durabilidad de la mezcla de concreto con estos elementos.

La proporción adecuada que se sugiere según los estudios antes

mencionados esta entre 15% y 20% de vidrio.

Bibliografía

- Abanto, A., & Gil, J. (2022). Diseño de Concreto Portland $f'c = 210$ kg/cm² Adicionando Vidrio Molido para Incrementar la Resistencia a la Compresión La Libertad – 2022. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/105622>
- Carballo, S., & Rodríguez, E. (2019). Estudio de la resistencia a la compresión de un concreto de $F'c = 250$ KGF/CM² sustituyendo el 15% de cemento Portland por vidrio templado molido y de un concreto común de $F'c = 250$ KGF/CM². Caracas: Tesis presentada para optar por el título de Ingeniero civil de la Universidad de Nueva Esparta. de <http://miunespace.une.edu.ve/jspui/bitstream/123456789/3331/1/TG6017%20Completa%20Calif.%2020%20H.pdf>
- Carrera, C. (2021). Caracterización de la influencia de aditivos sobre la hidratación del cemento portland puzolánico. Sangolquí: Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico de la Universidad de las Fuerzas Armadas. Recuperado de

- <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/23623/1/T-ESPE-044245.pdf>
- Espino, A., & Vázquez, J. (2021). Resistencia a la compresión de ladrillo de concreto mediante la sustitución de la arena gruesa por vidrio molido en un 10% y 20% - 2021. Chimbote: Universidad Cesar Vallejo. Recuperado de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74145>
- Flores, V., Jiménez, V., & Pérez, A. (2018). Influencia de la incorporación de vidrio triturado en las propiedades y el comportamiento a alta temperatura de morteros de cemento. Boletín de la Sociedad Española de la Cerámica y el Vidrio, 57(6), 257-265. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.03.001>
- Franco, R., & Mora, K. (2019). La adherencia de los agregados en la formación de la pasta hidratada de cemento Portland en hormigones simples. Guayaquil: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/3056/1/T-ULVR-2701.pdf>
- García, M. (2020). Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto en comparación del concreto convencional, Tarapoto 2020. Tarapoto: Universidad Científica del Perú. Recuperado de <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1208/GARC%c3%8dA%20RUIZ%20MANUEL%20ADRIANO%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ingaroca, C., & Yoplac, N. (2022). Diseño del concreto simple, con sustitución del agregado fino por vidrio molido para mejorar su resistencia de compresión, Tarapoto 2021. Tarapoto. Recuperado de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/95072/Ingaroca_FCR-Yoplac_MN-SD.pdf?sequence=1
- León, L., Torres, L., & García, C. (2020). Disminución del contenido de cemento a partir de un diseño de mezcla en la Unidad de Servicios Básicos Hormigón. Revista de Arquitectura e Ingeniería, 14(2). Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/1939/193963490005/193963490005.pdf>
- Perea, D. (2021). Uso del concreto y vidrio en la capacidad de carga de suelos arcillosos: Una revisión literaria. Suelos Ecuatoriales, 51(1 y 2), 1-12. doi:10.47864/SE(51)2021p119-132_131

- Ramos, C. (2019). Mejoramiento al concreto absorbente con inserción de fibra de vidrio para aumentar su resistencia a la compresión en la ciudad de Tarma. Tarma. Recuperado de https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/713/Ramos_Carina_tesis_bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reyes, L., & Carmona, F. (2020). La investigación documental para la comprensión ontológica del objeto de estudio. Universidad Simón Bolívar. Recuperado de <https://bonga.unisimon.edu.co/bitstream/handle/20.500.12442/6630/La%20investigaci%C3%B3n%20documental%20para%20la%20compresi%C3%B3n%20ontol%C3%B3gica%20del%20objeto%20de%20estudio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rojas, A. (2021). Vidrio molido como tecnología sostenible en el concreto hidráulico. Tecnología en Marcha, 13-18. doi: <https://doi.org/10.18845/tm.v34i5.5907>
- Soberón, B. (2022). Estabilización de suelos arcillosos usando vidrio reciclado molido para su uso como subrasante mejorada en pavimentos urbanos en la urb. Ciudad del Chofer, Chiclayo 2019. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Recuperado de https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/5368/1/TL_SoberonMonjaBrayan.pdf
- Trejo, L. (2019). Hospital general de 34 camas del IMSS, en el municipio de Zumpango estado de México, con la propuesta de la tecnología: bloque a base de viruta de madera con fibra de vidrio y cemento portland. Tecamachalco: Instituto Politécnico Nacional. Recuperado de <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/27984>