

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dirección General de Investigación



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE LOS AGREGADOS POR VIDRIO
RECICLADO EN LAS PROPIEDADES DEL CONCRETO.**

Luis A. Segura Terrones
Dante O. Salazar Sanchez
Segundo M. Urrutia Vargas
Atilio R. Lopez Carranza
Jordy E. Romero Espinoza

Chimbote - Perú

2016

ÍNDICE

1. PALABRAS CLAVE- KEYWORDS:	3
2. TÍTULO:	3
3. RESUMEN:	3
4. ABSTRACT:	3
5. INTRODUCCIÓN:	4
5.1 ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA	4
5.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
5.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
5.4 MARCO REFERENCIAL	7
5.5 HIPÓTESIS	14
5.6 OBJETIVOS	14
5.6.1 OBJETIVO GENERAL	14
5.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
6. METODOLOGÍA DEL TRABAJO	15
6.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION:	15
6.2 UNIDAD EXPERIMENTAL	15
6.3 TRATAMIENTOS	15
6.4 METODOLOGÍA	15
7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	23
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	23
9.1 CONCLUSIONES	23
9.2 RECOMENDACIONES	23
9. AGRADECIMIENTOS	24
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
12.1 PANEL FOTOGRÁFICO	26

1 PALABRAS CLAVE- KEYWORDS:

Palabras clave: Materiales cementantes, vidrio reciclado, concretos sustituidos, resistencia a compresión.

Keywords: cementitious materials, recycled glass, substituted concretes, compressive strength.

2 TÍTULO:

Efecto de la sustitución de los agregados por vidrio reciclado en las propiedades del concreto.

3 RESUMEN:

Con el objetivo de determinar la resistencia en compresión de mezclas de concreto con sustitución parcial en peso de los agregados pétreos en 25% y 50% por partículas de vidrio reciclado, se realizó un experimento que consistió en asemejar el tamaño nominal del vidrio reciclado por el de los agregados sustituidos. Por el nivel de sustitución según los materiales, los resultados más relevantes de la resistencia fueron, para el 25 % y 50. Cuando se analizó los resultados de la resistencia por compresión en las mezclas de concreto sustituido, se encontró que la relación entre la resistencia a la compresión y el nivel de sustitución era inversamente proporcional. Así mismo con el proyecto se espera cambiar nuestra forma de ver como al concreto tradicional, por un concreto con material reciclado, amigable con el medio ambiente.

4 ABSTRACT:

In order to determine the compressive strength of concrete mixtures with partial substitution by weight of the stone aggregates in 25% and 50% by recycled glass particles, an experiment was carried out, which consisted of resembling the nominal size of the glass recycled by the Of the substituted aggregates. By the substitution level according to the materials, the most relevant results of the resistance were, for 25% and 50%. When the results of the compressive strength in the mixtures of substituted concrete were analyzed, it

was found that the relation between the resistance To compression and the level of substitution was inversely proportional. Also with the project is expected to change the way we see as traditional concrete, a concrete with recycled material, friendly to the environment.

5 INTRODUCCIÓN:

5.1 ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

En relación al uso del vidrio reciclado en mezclas de concreto, algunos trabajos reportan el uso de botellas de color y en otros casos de colores mezclados. Para el caso de botellas blancas se reporta que estas contienen un 74 % de óxido de silicio (Si O_2), cuando es activado hasta una granulación del orden de 35μ (malla 325) de acuerdo a un informe de ©2013 Vitro Minerals Inc.

Michigan (2008), una de las investigaciones más documentadas del uso de vidrio molido reciclado utilizada en una mezcla de hormigón, es la de la Universidad de Michigan en los Estados Unidos, de esta experiencia se han analizado los siguientes documentos:

Como se observa la diferencia básicamente consistió en el reemplazo de cemento con vidrio pulverizado desde el 15 al 23%. Las principales acciones realizadas para realizar las determinaciones fueron: El vidrio para que se tenga estas características debe ser molido al tamaño de micras, para acelerar las reacciones químicas. Se realizó un análisis detallado de los agregados, sometiéndoles a secado en mufla hasta obtener un peso constante. Realizan cilindros de muestra para pruebas ASTM C192, se toman 3 muestras y 3 repeticiones Se realizan una serie de comparaciones con las muestras, tales como pruebas a 14 días y 56 días. ASTM C 78 después de 7, 28, 90, 270 y 450 días. Realizan ensayos de resistencia a la compresión, el agua absorción (ASTM C1585), la permeabilidad a cloruros (ASTM C1202) y la resistencia a la abrasión (ASTM C 944).

Price (1999). Realiza las primeras pruebas buscando dos objetivos: primero, materiales que permitan remplazar los agregados por materiales que cumplan con la propiedad de translucidez, como el vidrio y el plástico; segundo, remplazar el conglomerante tradicional del concreto por otro que permita el paso de la luz, los resultados de las investigaciones

realizadas hasta el momento no han sido publicados por Bill Price quien asegura haber logrado un 25% de transmitancia.

Losonczy (2002), La mezcla que desarrolló fue LITRACON compuesta por miles de fibras ópticas con un contenido aproximado de 4% en volumen; las fibras tienen diámetros que van desde los 2 micrones hasta los 2 milímetros; la manipulación de las fibras permite conferirle a la superficie la posibilidad de animarse a través de textos o imágenes haciendo de los edificios agentes de comunicación. Inicialmente se han producido bloques con un espesor máximo de 500 mm.

Marcet (2007), utilizó dos rendijas (Nano-Optics) y simuló el paso de la luz a través de ellas analizando la variación del campo electromagnético cuando las rendijas se desplazaban una con respecto a la otra. Las posibilidades para lograr una mayor transmisión de luz se presenta cuando existe un alineamiento entre los agujeros de los nano-optics por donde se pretende hacer pasar el haz de luz o, cuando se encuentran desfasados medio periodo de la onda el uno con respecto al otro. Se observa una mejor distribución del campo electromagnético en la superficie cuando los Nano-Optics se encuentran alineados o intercalados medio periodo, efecto que alcanza la superficie cuando la distancia entre las capas de Nano-Optics es la adecuada. Este diminuto material en un momento dado puede hacer parte de la matriz de un concreto o mortero y permitir algún grado de translucidez.

La presente investigación se fundamenta en la teoría de la tecnología del concreto, en los principios básicos de la resistencia de materiales, así como en los estudios científicos recientes sobre los agregados de las canteras y su efecto en la resistencia del concreto.

5.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Debido a los grandes costos que se generan al realizar construcciones con los materiales convencionales, además de la gran contaminación producida por ellos, nos vemos en la necesidad de dirigir la mirada a la utilización de materiales alternativos, entre los que nos permiten el aprovechamiento de residuos potencialmente reciclables tales como el vidrio reciclado y de esta manera promover la producción de elementos constructivos de bajo costo elaborados con este desecho, permitiendo así aliviar los problemas planteados por los

residuos sólidos plásticos, además, brindar una solución económica de vivienda que admita ser más accesible a las poblaciones menos favorecidas.

Vidrio reciclado es un material de bajo costo y que se encuentra en grandes cantidades debido a que es un residuo. Este material que no es biodegradable, actualmente es enviado a predios de enterramiento sanitario municipal, generando graves problemas de contaminación ambiental, solo un pequeño porcentaje del mismo es reciclado.

Por lo tanto se considera que en esta propuesta se hace necesario investigar sobre el vidrio reciclado como posible material no tradicional, de tal forma que nos permita encontrar un material compuesto que nos proporcione una alternativa económica acorde a los requerimientos de construcción.

5.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La calidad de un concreto es un factor determinante en la seguridad de una estructura, pero esta no se obtiene únicamente con un correcto diseño de mezcla para una obra, un eficiente mezclado y colocación, porque aun cumpliendo con estos, los resultados de laboratorio muestran variaciones considerables en la resistencia de un concreto hecho bajo un mismo diseño. El concreto ha sido estudiado a nivel internacional en sus diversas formas de presentación estructural, se ha estudiado la resistencia del concreto cuando en sus componentes se han añadido diversos cuerpos con finalidad de determinar en que medida estos cuerpos aumentan o disminuyen la resistencia a la compresión, los resultados obtenidos han sido diferentes, así mismo se ha buscado con esta sustitución aminorar los costos de producción del concreto y por ende bajar los costos de los presupuestos sin disminuir significativamente la resistencia del concreto.

La determinación de las resistencias del concreto ante la adición de porcentajes de materiales adicionados ha constituido siempre un problema para los diseñadores de concreto. Por lo tanto, la determinación de la resistencia a la compresión del concreto ha constituido una necesidad de cálculo con la finalidad de si el concreto puede ser usado sin alterar las características mínimas de fuerza de compresión del concreto. Con la presente investigación se busca determinar la resistencia a la fuerza de la compresión del concreto diseñado como concreto simple de $f'c = 210 \text{ kgr/cm}^2$, el principal problema al que nos enfrentamos son las características que cada agregado tendrá, la calidad y la economía son

temas que jugaran gran importancia debido a que, se pretende demostrar que los agregados triturados le aportan mayor resistencia al concreto pero que también representan una gran desventaja porque el utilizarlos conlleva a la necesidad de invertir más dinero durante su fabricación.

No se han investigado aún las causas de estas variaciones en la resistencia del concreto diseñado para toda una obra, pero si se considera que los agregados constituyen del 60% al 80% de éste, en volumen de este, se puede deducir que las variaciones de calidad en el tiempo de éstos afectan en gran medida las propiedades finales del concreto. Se puede mencionar, por ejemplo, que uno de los factores que afectan a la contracción del concreto es la cantidad del agregado fino (que pasa la malla N° 200), también la adherencia interna del concreto se ve afectada por materiales desmenuzables e impurezas como limos y arcillas y la resistencia es afectada también por un exceso de partículas liviana en los agregados.

Nuestra propuesta de estudiar las propiedades del concreto, conteniendo sustituciones parciales de los agregados por vidrio reciclado blanco, en su estado fresco y endurecido, generara un conocimiento importante acerca de, las propiedades de este material constructivo en sus aspectos de resistencia, durabilidad, estabilidad potenciales, ataques medio ambientales. Estos conocimientos a su vez sentaran las bases, de una tecnología orientada a las construcciones de bajo costo, tan necesarias en nuestro país.

5.4 MARCO REFERENCIAL

Pasquel (1992), menciona que el concreto es el material constituido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción.

Bastardo y Fernández (2009), define el diseño de mezcla como un método, que partiendo de unas características exigidas o deseables para el concreto, se puedan determinar las cantidades que debe haber de todos y cada y cada uno de los componentes

que intervienen en una mezcla, estableciendo la proporción óptima en la que se deben mezclar cada uno de sus elementos.

Por el grado de imprecisión que presentan los diseños de mezcla, se amerita ciertos ajustes luego de su desarrollo. Se puede dar mayor exactitud a las proporciones de los componentes empleando el criterio del diseñador, mediante tanteos y observaciones realizadas sobre mezclas de prueba realizadas en laboratorios o en obra.

Algunas propiedades del concreto endurecido están relacionadas con esta resistencia, como son: densidad, impermeabilidad, durabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia al impacto, resistencia a la tensión, resistencia a los sulfatos. Esto no quiere decir que estas propiedades sean una función simple y única de la resistencia a la compresión, sino que, un concreto de mayor resistencia a la compresión tendrá mejores propiedades (Neville, 1999).

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

Cualquier tipo de vacíos llenos de aire reduce la resistencia del concreto en una proporción de 5% de reducción de resistencia por cada 1% de aumento en el volumen de los vacíos llenos de aire (Mather & Ozyildirim, 2004).

Bastardo y Fernández (2009), define el diseño de mezcla como un método, que partiendo de unas características exigidas o deseables para el concreto, se puedan determinar las cantidades que debe haber de todos y cada uno de los componentes que intervienen en una mezcla, estableciendo la proporción óptima en la que se deben mezclar cada uno de sus elementos.

Por el grado de imprecisión que presentan los diseños de mezcla, se amerita ciertos ajustes luego de su desarrollo. Se puede dar mayor exactitud a las proporciones de los componentes empleando el criterio del diseñador, mediante tanteos y observaciones realizadas sobre mezclas de prueba realizadas en laboratorios o en obra.

El diseño de concreto es la selección de las proporciones de los materiales integrantes de la unidad cúbica de concreto, se denomina también diseño de mezcla, se define como el proceso de selección de los ingredientes más adecuados y de la combinación más conveniente y económica de los mismos, con la finalidad de obtener un producto que en estado no endurecido tenga las propiedades, especialmente trabajabilidad y consistencia, deseadas, y que en estado endurecido cumpla con los requisitos establecidos por el diseñador o indicados en los planos y especificaciones de obra (Abanto, 2000).

La selección de las proporciones de la mezcla está determinada por:

Las propiedades que debe tener el concreto endurecido, que son requerimientos del diseñador o que se encuentran indicadas en las especificaciones de obra.

Las propiedades del concreto en estado no endurecido, que dependen del tipo y característica de la obra y de las técnicas empleadas en la colocación del concreto.

El costo de la unidad cúbica de concreto.

Si se toma en cuenta estos criterios, se podrá obtener una primera aproximación de las proporciones de los materiales que componen la unidad cúbica de concreto. Pero estas proporciones, sea cual fuere el procedimiento para determinarlas, deberán ser siempre consideradas como valores de prueba sujetos a revisión y ajustes sobre la base de los resultados obtenidos en laboratorio y obra.

Pruebas y mediciones de resistencia del concreto

Los cilindros sometidos a ensayo de aceptación y control de calidad se elaboran y curan

siguiendo los procedimientos descritos en probetas curadas de manera estándar según la norma ASTM C31 Práctica Estándar para Elaborar y Curar Probetas de Ensayo de Concreto en Campo. Para estimar la resistencia del concreto in situ, la norma ASTM C31 formula procedimientos para las pruebas de curado en campo. Las probetas cilíndricas se someten a ensayo de acuerdo a ASTM C39, Método Estándar de Prueba de Resistencia a la Compresión de Probetas Cilíndricas de Concreto (National Ready Mixed Concrete Association, s/f).

La resistencia del concreto se calcula dividiendo la máxima carga soportada por la probeta para producir la fractura por (\div) el área promedio de la sección. C 39 presenta los factores de corrección en caso de que la razón longitud-diámetro del cilindro se halle entre 1.75 y 1.00, lo cual es poco común. Se someten a prueba por lo menos 2 cilindros de la misma edad y se reporta la resistencia promedio como el resultado de la prueba, al intervalo más próximo de 10 psi (0.1 MPa) (National Ready Mixed Concrete Association, s/f).

Agregados

Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas, de origen natural o artificial, cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la norma NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto. Ellos son materiales que están embebidos en la pasta y ocupan entre el 62% y el 78% de la unidad cúbica del concreto. Rivva (2000).

Son producto de procesos naturales que involucran condiciones especiales de temperatura y presión, así, como también efectos de meteorización o intemperismo y erosión. Casi todos los materiales áridos naturales provienen de rocas madre. De esta forma, existen tres tipos de roca: ígneas, sedimentarias y metamórficas. Estas clasificaciones se basan en el modo de formación de las rocas. Cabe recordar que las rocas ígneas se forman por el enfriamiento de la lava en la superficie de la cresta (basalto) o muy por debajo de la cresta (granito).

Las rocas sedimentarias se forman inicialmente debajo del mar y posteriormente emergen o las aguas modifican su cauce. Las rocas metamórficas son originadas por rocas ígneas o sedimentarias que posteriormente se transforman debido al calor extremo y la presión, flora y fauna.

Se denomina agregado a la mezcla de arena y piedra de granulometría variable. El concreto es un material compuesto básicamente por agregados y pasta cementicia, elementos de comportamientos bien diferenciados: Se define como agregado al conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP 400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto. Los agregados son materiales inorgánicos naturales o artificiales que están embebidos en los aglomerados (cemento, cal y con el agua forman los concretos y morteros).

Propiedades del agregado

Existen muchas propiedades que deben cumplir los agregados, tales como propiedades físicas y mecánicas, asimismo propiedades térmicas, morfológicas, etc. A continuación detallamos alguna de ellas: Propiedades Mecánicas: Densidad, Dureza y Adherencia.

Propiedades Físicas: Granulometría, Peso unitario suelto y varillado, Peso específico, Contenido de humedad y Porcentaje de absorción.

Vidrio

El vidrio es un material de apariencia dura, frágil y generalmente transparente, aunque se comporta como un sólido, es un fluido de muy alta viscosidad. Está compuesto por una mezcla de óxidos metálicos, siendo su componente principal el óxido de sílice, conocido como silicio (SiO_4). Si bien a simple vista pareciera ser muy similar a un cristal, la diferencia con éste radica en el ordenamiento que tienen las moléculas que lo componen, donde los enlaces Si-O están distribuidos de manera irregular, sin un patrón determinado, siendo por definición, un material amorfo.

Esta constituido primordialmente por sílice derivado de arena, cuarzo o pedernal, constituye alrededor de las $\frac{3}{4}$ partes. Otros componentes son el óxido de sodio como fundente, óxido de calcio como estabilizante químico – mecánico, óxido de aluminio que mejora la resistencia mecánica, al coque térmico, eleva la refractariedad, disminuye la dilatación térmica. Además se usa materiales como descolorantes, colorantes, fluidificantes, opacificantes, etc. Fabricación del Vidrio Las materias constituyentes del vidrio son molidas y almacenadas, mediante sistemas de transportación a gravedad son pesados y dosificados para proceder a la mezcla, una vez homogeneizado es introducida en hornos de fusión a temperaturas alrededor de los 1500°C, una vez fundido en su totalidad se lleva al refinador, para proceder finalmente a la tarea de figurado mediante estirado, soplado, presión, etc.

Propiedades del Vidrio

Este puede ser empleado en una variedad de aplicaciones que va desde botellas, vasos, ventanas, adornos, etc. Las propiedades de los mismos dependerán de su composición, forma del envase, grado de recocido, entre otras. El color original del vidrio es verde, y es el menos perjudicial al momento de usarlo como reemplazo de la arena en el hormigón, ya que reduce la reacción álcali-sílice. Otra propiedad del vidrio la mala conductividad del calor y electricidad, resultando conveniente en cuanto al aislamiento térmico y eléctrico. Sus propiedades se mantienen inalterables luego de ser reciclado. Propiedades Físicas – Mecánicas Fragilidad Ocasionado debido a tensiones localizadas generadas por fisuras imperceptibles en la superficie, induciendo a la disminución de su resistencia mecánica.

Dureza

Su dureza se considera alrededor de 6 a 7 en las escala de Mohs, se usa el mismo valor tanto para vidrio recocido, crudo o templado.

Elasticidad

Al ser frágil solo presenta un comportamiento plástico cuando esta a altas temperaturas, se deforma plásticamente desde los 600 °C y se funde a los 1000°C. 23

Peso Específico

Para el vidrio comercial se una generalmente 2.59 g/cm³ .

Resistencia

Resistencia a la Tracción Está en función de las micro fisuras presentes en la superficie, teóricamente se considera cinco veces más resistente que el acero 70000 kg/cm^2 , en la práctica está estimada en alrededor de 1000 kg/cm^2 para vidrio templado y 400 kg/cm^2 para vidrio recocido.

Resistencia a la Flexión Es similar a la resistencia a la tracción. Las fuerzas aplicadas en el vidrio se concentran en los defectos superficiales y pueden propagarse efectivamente debido a que es un material homogéneo.

Resistencia a la Compresión Esta alrededor de los 10000 kg/cm^2 . Lo que indica su alta resistencia a fuerzas que tienden a comprimirlo.

Proceso de reacción álcali-silicato Para que se genere la reacción dentro de una mezcla de hormigón es necesario que se combinen cuatro condiciones de manera simultánea: - El agregado debe ser sensiblemente reactivo con álcalis, es decir con alta presencia de silicatos no cristalinos. - Álcalis en cantidad suficiente para desencadenar la reacción, aportados generalmente por el cemento. - Humedad necesaria para que los álcalis entren en solución y generen la reacción química. - Una vez desencadenada la reacción ésta debe mantenerse por el tiempo suficiente para dar origen al gel y su posterior expansión. Si alguna de estas cuatro condiciones no está presente, es imposible la generación de la reacción (Segarra, 2005). Como se mencionó, para el caso del vidrio, es especialmente importante este punto, ya que la reactividad de la sílice, es inversamente proporcional al grado de cristalización de la misma, es decir, mientras mayor sea el grado de ordenamiento de las moléculas, el potencial de reactividad es menor. En la medida que la sílice es más desordenada a nivel molecular, es más probable que entre en reacción con los componentes alcalinos presentes en la mezcla.

Identificar los materiales potencialmente reactivos es un primer paso para enfrentar los posibles efectos de esta reacción, para poder identificarlos se recomienda empezar con un ensayo petrográfico, y complementarlo con pruebas estandarizadas: análisis químico, ensayos acelerados en prismas de mortero, ensayos en prismas de concreto, entre otros. Sin embargo la mejor prueba para descartar si un agregado es inocuo, es contar con evidencia histórica de los áridos de una misma procedencia, por un período de al menos 15 años en la

producción de hormigón, bajo condiciones similares de contenido de álcalis, tipo de cemento, humedad y condición de servicio similares a la del proyecto que a ejecutar (Pasquel, 2009).

DEFINICION DE VARIABLES

La variable independiente son los niveles de sustitución de los agregados pétreos en 0%, 25 %, 50 % por el vidrio reciclado

La variable dependiente lo constituye la resistencia a compresión del agregado en las mezclas de concreto; por el nivel de sustitución y el tipo de material.

5.5 HIPÓTESIS

La sustitución de agregado grueso por vidrio blanco, elevará la resistencia del concreto.

5.6 OBJETIVOS

5.6.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de la sustitución de los agregados por vidrio reciclado en las propiedades del concreto.

5.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar la resistencia a la compresión y translucidez del concreto en el cual los agregados han sido sustituidos por vidrio reciclado.

Comparar la resistencia a la compresión y translucidez del concreto patrón con la del concreto en el cual los agregados han sido sustituidos por vidrio reciclado.

6 METODOLOGÍA DEL TRABAJO

6.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACION:

Es una investigación aplicada y explicativa, es de enfoque cuantitativo y de diseño experimental en bloque completo al azar. La muestra será de 30 probetas: 10 para 0%, 10 para 25% y 10 para 50% de sustitución de agregado por vidrio reciclado. La técnica utilizada será la observación y como instrumento de registro de datos se contará con una guía de observación y fichas técnicas del laboratorio de mecánica de suelos y ensayo de materiales.

6.2 UNIDAD EXPERIMENTAL

La población para el vidrio reciclado lo constituyen los diversos locales de acopio de vidrio reciclado de la localidad. Se seleccionara residuos de vidrios blancos para evitar contenidos de colorantes. La muestra estará conformada por 100 kilos de vidrio blanco triturado.

6.3 TRATAMIENTOS

A : Agregado

VR : Vidrio Reciclado

TRATAMIENTOS	PROPORCIÓN PESO
T1: GRUPO CONTROL	A + 0 % VR
T2: GRUPO EXPERIMENTAL 1	A + 25% VR
T3: GRUPO EXPERIMENTAL 2	A + 50 % VR

6.4 METODOLOGÍA

RECOLECCION DE RESIDUOS

Los recicladores los colectan, los clasifican por colores y los pretrituran. Sacos de 25 kilos de vidrio blanco fue adquirido en el depósito reciclado "Mary", ubicado en el pueblo joven Villa María.



Figura 2. Vidrio Reciclado

PREPARACION DE MUESTRAS

Se procedió a limpiar las botellas de vidrio blanco.



Figura 3. Limpieza del Vidrio Triturado

ACTIVACION MECÁNICA DE LAS MUESTRAS

A. VIDRIO RECICLADO

La activación de las muestras del vidrio reciclado consistió solo en una activación mecánica por molienda, puesto que la activación térmica de este material ya fue realizado a altas temperaturas en la fabricación original del mismo.



Figura 4. Vidrio Triturado mayor a 4.75 mm

Se emplearon dos diámetros de partícula para la sustitución de los agregados

Sustitución de agregado grueso: partículas en un rango de 4.75 mm a 25 mm.

Sustitución de agregado fino: partículas en un rango de 0.074 mm a 4.75 mm.

ANALISIS DE LOS MATERIALES DEL CONCRETO

ARENA

Los componentes del agregado fino conformado por arena de la cantera de “La cumbre” se analizó en los siguientes parámetros: peso específico, peso unitario suelto, peso unitario compactado, contenido de humedad, absorción, y módulo de fineza. Los valores de estos parámetros se indican a continuación y los análisis realizados y certificados por el laboratorio de suelos aparecen en el anexo A

Agregado Fino: -Peso específico de masa	2.726
-Peso unitario suelto	1560 kg/m ³

-Peso unitario compactado	1808 kg/m ³
-Contenido de humedad	0.35 %
-Absorción	0.93 %
-Módulo de fineza	2.33

PIEDRA

Los componentes del agregado grueso conformado por piedra de la cantera "Medina" se analizaron en los siguientes parámetros: tamaño máximo nominal, peso unitario suelto, peso unitario compactado, peso específico de masa, absorción, y contenido de humedad. Los parámetros se indican a continuación y los análisis realizados y certificados por el laboratorio de suelos aparecen en el anexo A

Agregado Grueso:-Piedra, perfil angular

-Tamaño Máximo Nominal	¾"
-Peso unitario suelto	1443 kg/m ³
-Peso unitario compactado	1564 kg/m ³
-Peso específico de masa	2.881
-Absorción	0.64 %
-Contenido de Humedad	0.15%

DISEÑO DE MEZCLAS:

Diseño de Mezcla concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

Valores de Diseño Corregidos

Cemento	304 kg/m ³
Agua Efectiva	237.83 lt/m ³
Agregado Fino	916.19 kg/m ³
Agregado Grueso	924.14 kg/m ³

PROPORCIONES DE LOS MATERIALES PARA UN MOLDE DE 6 PULGADAS POR 12 PULGADAS ($V=0.0053 \text{ m}^3$)

PROPORCION PATRON

Cemento	1.520 Kg
Agua	1.189 lts (kg)
Arena	4.581 kg
Agua	4.621 kg

PROPORCIONES DE SUSTITUCION DEL CEMENTO POR EL NUEVO MATERIAL

	0 %	25%	50%
Cemento	1.520 kg	1.520 kg	1.520 kg
Agua	1.189 lts (kg)	1.189 lts (kg)	1.189 lts(kg)
Arena	4.581 kg	3.436 kg	2.290 kg
Piedra	4.621 kg	3.466 kg	2.310 kg
VRF	0 kg	1.145 kg	2.290 kg
VFRG	0 kg	1.155 kg	2.310 kg

VRF: VIDRIO RECICLADO FINO
VFRG: VIDRIO RECICLADO GRUESO

MOLDEADO DE PROBETAS

MOLDEADO DE PROBETAS PATRÓN

Se realizaron 5 probetas, siendo 3 de ellas analizadas a los 14 días (observación). Luego las 2 probetas se analizaron a los 28 días siguiendo con la indicación de la norma ASTM C 33.

MOLDEADO DE PROBETAS SUSTITUIDAS

A) MOLDEADO DE PROBETAS SUSTITUIDAS CON VIDRIO RECICLADO AL 25%

Se realizaron 5 probetas, siendo 3 de ellas analizadas a los 14 días (observación). Luego las 2 probetas se analizaron a los 28 días siguiendo con la indicación de la norma ASTM C 33.

B) MOLDEADO DE PROBETAS SUSTITUIDAS CON VIDRIO RECICLADO AL 50%

Se realizaron 5 probetas, siendo 3 de ellas analizadas a los 14 días (observación). Luego las 2 probetas se analizaron a los 28 días siguiendo con la indicación de la norma ASTM C 33.

7 RESULTADOS

I) RESISTENCIA A LA COMPRESION DE LAS PROBETAS DE CONCRETO

1. PROBETAS DE CONCRETO PATRON

Tabla 1. Resistencia de las Probetas Patrón

N°	TESTEO		FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/FC (%)	PROMEDIO
	ELEMENTO	SLUMP (")	MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO PATRON	3.5	20/10/2016	03/11/2016	14	176.44	100.83	186.93
2	CONCRETO PATRON	3.5	20/10/2016	03/11/2016	14	192.11	109.78	
3	CONCRETO PATRON	3.5	20/10/2016	03/11/2016	14	192.23	109.85	
4	CONCRETO PATRON	3.5	20/10/2016	17/11/2016	28	206.38	117.93	204.10
5	CONCRETO PATRON	3.5	20/10/2016	17/11/2016	28	201.82	115.33	

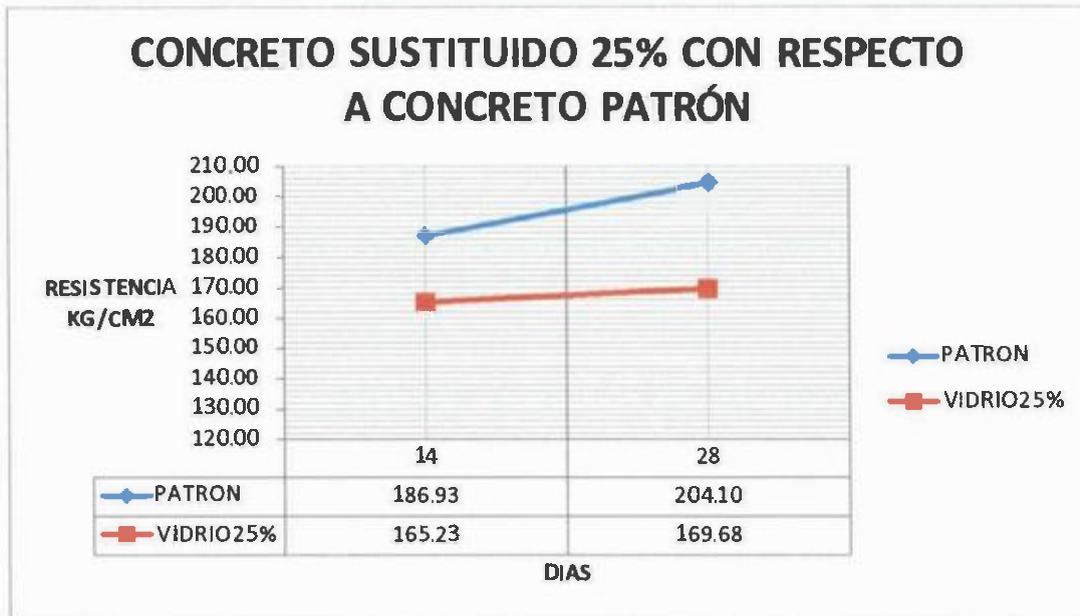


Gráfica 1. Desarrollo de las resistencias en función de la edad de las probetas patrón

2. PROBETAS SUSTITUIDAS CON VIDRIO RECICLADO 25%

Tabla 2. Resistencia de las probetas sustituidas al 25 % de vidrio reciclado

N°	TESTEO		FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm2	FC/FC (%)	PROMEDIO
	ELEMENTO	SLUMP (")	MOLDEO	ROTURA				
1	CONCRETO SUSTITUIDO 25%	3.5	24/10/2016	07/11/2016	14	169.46	96.83	165.23
2	CONCRETO SUSTITUIDO 25%	3.5	24/10/2016	07/11/2016	14	159.97	91.41	
3	CONCRETO SUSTITUIDO 25%	3.5	24/10/2016	07/11/2016	14	166.26	95.00	
4	CONCRETO SUSTITUIDO 25%	3.5	24/10/2016	21/11/2016	28	166.59	95.20	169.68
5	CONCRETO SUSTITUIDO 25%	3.5	24/10/2016	21/11/2016	28	172.77	98.73	

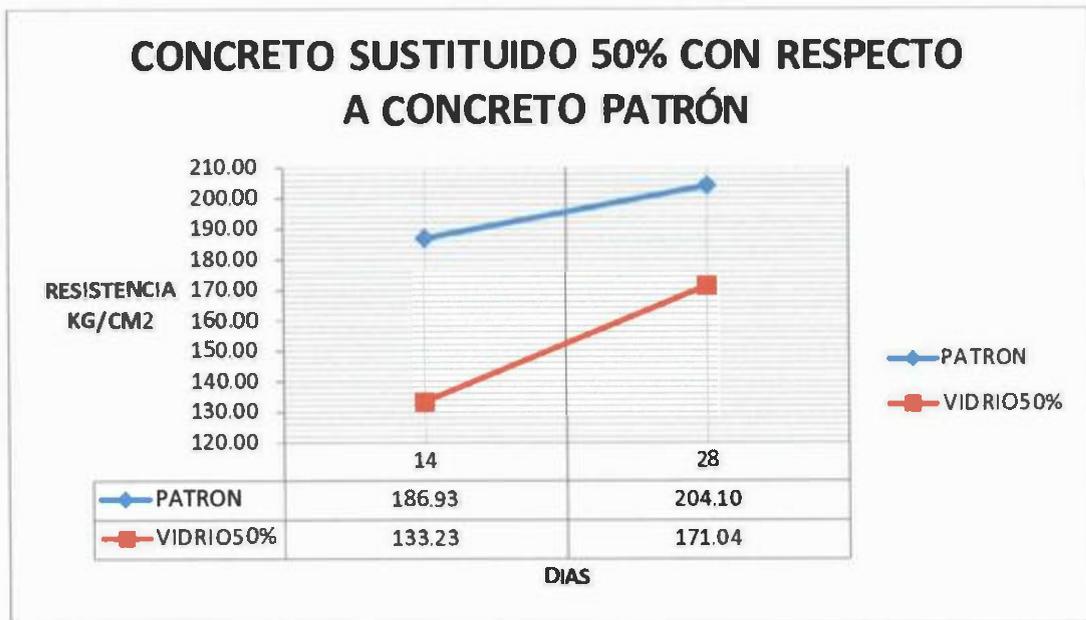


Grafica 2. Desarrollo de las resistencias en función de la edad de las probetas sustituidas al 25 % con vidrio reciclado

3. PROBETAS SUSTITUIDAS CON VIDRIO RECICLADO 50%

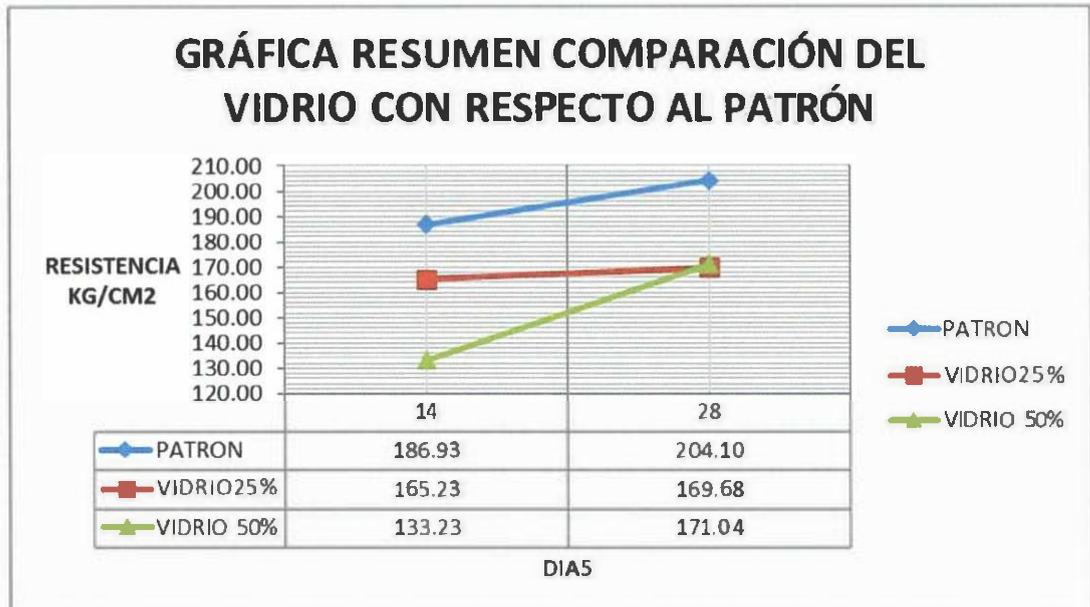
Tabla 3. Resistencia de las probetas sustituidas al 50 % de vidrio reciclado

Nº	TESTIGO ELEMENTO	SLUMP (")	FECHA		EDAD DIAS	FC Kg/Cm ²	FC/FC (%)	PROMEDIO
1	CONCRETO SUSTITUIDO 50%	3.5	13/11/2016	10/11/2016	14	114.09	65.19	133.23
2	CONCRETO SUSTITUIDO 50%	3.5	13/11/2016	10/11/2016	14	142.37	81.35	
3	CONCRETO SUSTITUIDO 50%	3.5	13/11/2016	10/11/2016	14	143.22	81.84	
4	CONCRETO SUSTITUIDO 50%	3.5	13/11/2016	24/11/2016	28	169.95	97.12	171.03
5	CONCRETO SUSTITUIDO 50%	3.5	13/11/2016	24/11/2016	28	172.12	98.35	



Grafica 3. Desarrollo de las resistencias en función de la edad de las probetas sustituidas al 50 % con vidrio reciclado

4. COMPARACION DE LAS RESISTENCIAS DE LOS MATERIALES EXPERIMENTALES SEGÚN % DE SUSTITUCION



Grafica 4. Comparación de las resistencias entre los materiales con un nivel de sustitución

8 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

DE LA SUSTITUCION DE LOS AGREGADOS POR VIDRIO RECICLADO

El análisis para el caso del vidrio se sustenta en las gráficas 1, 2,3 y 4. En estas gráficas se tomarán las resistencias alcanzadas a los 28 días con los diferentes niveles de sustitución de 25 y 50% del agregado por vidrio reciclado y se comparará con la resistencia a los 28 días a de las probetas patrón que aparece en la Grafica 1.

Se puede observar que la relación entre la resistencia alcanzada y el nivel de sustitución es inversamente proporcional, teniendo en cuenta que a medida que aumenta el nivel de sustitución como es en el caso de las probetas con sustitución de 25% alcanzan los 169.68 kg/cm², mientras que las probetas con sustitución de 50% alcanzan los 171.04 kg/cm², las probetas patrón alcanzaron 204.10 kg/cm², para el concreto diseñado en 175 kg/cm².

9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 CONCLUSIONES

- Por nivel de sustitución los mejores resultados para las resistencias en compresión obtenidas son: 50 % para la sustitución de agregado por vidrio reciclado
- Al haberse comprobado que este material se obtuvo a partir de residuos implica una contribución hacia un bajo costo y mejor contaminación.
- La sustitución es factible, en concretos no estructurales con un diseño de 175 kg/cm².

9.2 RECOMENDACIONES

- Continuar las investigaciones de estos materiales avanzados en de mayores niveles de sustitución.
- Profundizar la caracterización estructural, de composición y morfología interna con mayores financiamientos y equipamientos de última generación para obtener resultados competitivos a nivel internacional.
- Investigar en materiales alternativos en sustitución de agregados.

10 AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar sus sinceros agradecimientos al Ing. Jorge Montañez Reyes, jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayos de Materiales de la Universidad San Pedro, por la asistencia brindada durante el desarrollo del proyecto.

11 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Halm, Jürgen. Method for producing moulded bricks with fibres. US2009/0200703A1 United States, 15 de Febrero de 2007. Method.

Farbiarz, J. Hormigón el Material, principios básicos de la tecnología del hormigón. 1^o Edición. Medellín : Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia, Septiembre 2001. págs. 7-20 a 7-23.

Diseño de un Concreto Translucido. Gutierrez Sosa, Joel, Galvan Cazerres, Sergio Omar y Landa Aviles, Guillermo. Medellín (Antioquia) : s.n., 2005. III Congreso Internacional de Materiales, Simposio Materia 2005.

Properties of Translucent Concrete. Mohamed, N, y otros. [ed.] CSCE 2007 Annual General Meeting & Conference - Canadian Society for Civil Engineering. Yellowknife, Northwest Territories/ Yellowknife, Territoires du nord-ouest : s.n., 2007. Vol. 2, págs. 651-660.

Research and Development of Plastic Optical Fiber Based Smart Transparent Concrete. Zhou, Z y otros. [ed.] Norbert G. Meyendorf et al. Proc. of SPIE. 2009, Smart Sensor Phenomena, Technology, Networks, and Systems., Vol. 7293.

Askeland, D. R. Ciencia e Ingeniería de los Materiales. s.l. : International Thomson S. A., 2004. págs. 449-507.

Callister, W. D. Jr. Introducción a la ciencia e Ingeniería de los Materiales. s.l. : Editorial Reverté S.A., 1995. pág. Capítulos 19 a 22.

Montgomery, Douglas C. Design and Analysis of experiments. New York : John Wiley & SONS, INC., 2001. págs. 326 - 336. Fifth Edition.

Pulido, Humberto Gutiérrez. Análisis y diseño de experimentos. México, D.F. : McGraw-Hill/Interamericana Editores S.A. de C.V., 2008. págs. 100-285.

X-ray Architecture. An idea hatched in the research department of OMA promises to transform the nature of buildings. Inventor Bill Price conjures up the ultimate material: translucent concrete. Shulman, Ken. New York : Bellerophon Publications, april 2001, Metropilismag.com. Página 69 de 72

The Concrete Society, your global concrete community. Translucent concrete. [En línea] [Citado el: 12 de Octubre de 2010.]

http://www.concrete.org.uk/services/fingertips_nuggets.asp?cmd=display&id=758.

Work-and-Play Fabric, Translucent Concrete. Jaeger, D. No. 28, 13 de July de 2009, Chemical & Engineering News, Vol. 87, pág. 40.

Development and Application of Translucent Concrete. Coelho, Francisco Carvalho de Arruda. Bogotá D.C : CIM 2011 - VI Congreso Internacional de Materiales, Noviembre 2011, 2011.

Transparent concrete is encouraging architects to rethink how they design buildings. The Economist. 8240, Houston (Texas): The Economist, 22 de Septiembre de 2001, Vol. 360, pág. 6 1/2p.

La Noche de la Ciudad Translúcida. Florsheim, Shimrit. No. 12, Santiago de Chile : Publicación electrónica editada por el Departamento de Urbanismo, F.A.U de la Universidad de Chile, Junio de 2005, Revista de Urbanismo. ISSN 0717-5051.

12 ANEXO

12.1 PANEL FOTOGRÁFICO

VISTA FOTOGRAFICA N° 01

RECOLECCION DE BOTELLAS DE VIDRIO



VISTA FOTOGRAFICA N° 02

LIMPIEZA DE BOTELLAS DE VIDRIO



VISTA FOTOGRAFICA N° 03
LAVADO DE BOTELLAS DE VIDRIO



VISTA FOTOGRAFICA N° 04
BOTELLAS DE VIDRIO EN SECADO



VISTA FOTOGRAFICA N° 05

BOTELLAS DE VIDRIO LISTAS PARA TRITURACION COMO AGREGADO GRUESO



VISTA FOTOGRAFICA N° 06

VIDRIO ROTO PARA SER UTILIZADO COMO AGREGADO GRUESO



VISTA FOTOGRAFICA N° 07

TRITURACION DE VIDRIO PARA SER UTILIZADO COMO AGREGADO FINO



VISTA FOTOGRAFICA N° 08

EXTRACCION DE LOS AGREGADOS EN LA CANTERA



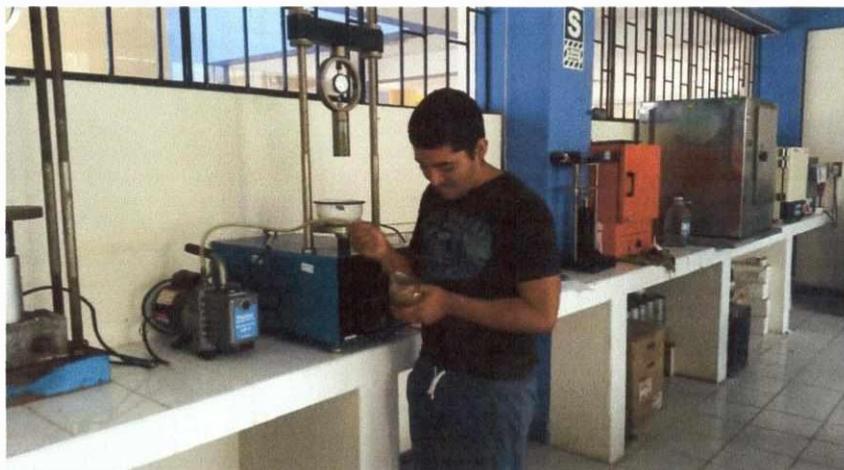
VISTA FOTOGRAFICA N° 09

PESADO DE LOS AGREGADOS PARA ELABORACION DEL CONCRETO



VISTA FOTOGRAFICA N° 10

ENSAYOS DE GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS



VISTA FOTOGRAFICA N° 11

ENSAYOS DE GRANULOMETRIA DE LOS AGREGADOS



VISTA FOTOGRAFICA N° 12

PRUEBA DEL SLUM



VISTA FOTOGRAFICA N° 13
ELABORACION DEL CONCRETO PATRON



VISTA FOTOGRAFICA N° 14
VACEADO DE LAS PROBETAS DEL CONCRETO PATRON



VISTA FOTOGRAFICA N° 15
CURADO DE LAS PROBETAS DE CONCRETO PATRON



VISTA FOTOGRAFICA N° 16
DESENCOFRADOS DE LAS PROBETAS DE CONCRETO PATRON



VISTA FOTOGRAFICA N° 17

CODIFICACION DE PROBETAS PATRON Y CON AGREGADOS DE VIDRIO (EXPERIMENTAL)



VISTA FOTOGRAFICA N° 18

PROBETAS DE CONCRETO PATRON



VISTA FOTOGRAFICA N° 19

ENSAYO DE ROTURA DE LAS PROBETAS DE CONCRETO PATRON



VISTA FOTOGRAFICA N° 20

PROBETAS DE CONCRETO PATRON DESPUES DE ENSAYO A LA RESISTENCIA



VISTA FOTOGRAFICA N° 21

PROBETAS DE CONCRETO CON AGREGADOS DE VIDRIO (EXPERIMENTAL)



VISTA FOTOGRAFICA N° 22

PESADO DE PROBETAS DE CONCRETO CON AGREGADOS DE VIDRIO (EXPERIMENTAL)



VISTA FOTOGRAFICA N° 23

ENSAYOS DE ROTURA A LA RESISTENCIA DE LAS PROBETAS DE CONCRETO CON
AGREGADOS DE VIDRIO (EXPERIMENTAL)



VISTA FOTOGRAFICA N° 24

ENSAYOS DE ROTURA A LA RESISTENCIA DE LAS PROBETAS DE CONCRETO CON AGREGADOS DE VIDRIO (EXPERIMENTAL)

