



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Efecto del vidrio reciclado en la resistencia a la compresión y  
flexión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Cruzado Castillo, Rodolfo Omar ([orcid.org/0000-0002-5117-6669](https://orcid.org/0000-0002-5117-6669))

**ASESOR:**

Mg. Gutierrez Vargas Leopoldo Marcos ([orcid.org/0000-0003-2630-6190](https://orcid.org/0000-0003-2630-6190))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

TRUJILLO – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser nuestra fortaleza a lo largo de este camino, por derramar sus bendiciones, llenarnos de fuerzas para vencer cada obstáculo y sobre todo por darnos la sabiduría necesaria para culminar esta meta tan importante.

A nuestros padres, por su esfuerzo y sacrificio de brindarnos amor, comprensión, respaldo y el apoyo incondicional en cada momento de nuestras vidas.

A nuestra universidad, por la confianza que brinda a sus estudiantes, por forjarlos de valores y conocimientos que llevarán a cada uno a lograr la culminación de su objetivo profesional.

**RODOLFO OMAR CRUZADO CASTILLO**

## **Agradecimiento**

A Dios por ser tan generoso y bueno conmigo, a mi familia a los cuales amo y admiro profundamente por su comprensión y fortaleza para cumplir esta meta.

A la Universidad Cesar Vallejo que me albergó en sus aulas para mi formación profesional, la cual llevaré con mucho orgullo en mi vida personal y profesional. A mis profesores quienes mediante sus enseñanzas enriquecieron mis conocimientos y me prepararon con educación para el trabajo y desarrollarme en la vida.

A mis compañeros de clase por su apoyo y trabajo en equipo para lograr este importante objetivo en la vida de cada uno de nosotros.

**RODOLFO OMAR CRUZADO CASTILLO**

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos .....	v
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract .....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	27
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	27
3.2. Variables y operacionalización.....	27
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.5. Procedimientos .....	30
3.6. Método de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos .....	31
IV. RESULTADOS .....	32
V. DISCUSIÓN.....	59
VI. CONCLUSIONES.....	61
VII. RECOMENDACIONES .....	63
REFERENCIAS .....	64
ANEXOS.....	73

## Índice de tablas

<b>Tabla 01.</b> <i>Grupo experimental ensayo a compresión.</i> .....	28
<b>Tabla 02.</b> <i>Grupo experimental ensayo a flexión.</i> .....	28
<b>Tabla 03.</b> Análisis granulométrico del agregado grueso. ....	32
<b>Tabla 04.</b> Análisis granulométrico del agregado fino. ....	33
<b>Tabla 05.</b> Contenido de humedad del agregado grueso. ....	34
<b>Tabla 06.</b> Contenido de humedad del agregado fino. ....	35
<b>Tabla 07.</b> Peso específico y absorción del agregado grueso. ....	35
<b>Tabla 08.</b> Peso específico y absorción del agregado fino. ....	36
<b>Tabla 09.</b> Peso específico y absorción del agregado grueso. ....	37
<b>Tabla 10.</b> Peso específico y absorción del agregado fino. ....	38
<b>Tabla 11.</b> Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso. ....	38
<b>Tabla 12.</b> Peso unitario suelto y vacíos del agregado fino. ....	39
<b>Tabla 13.</b> Características del cemento y agua. ....	39
<b>Tabla 15.</b> Resistencia promedio requerida. ....	40
<b>Tabla 16.</b> Volumen unitario de agua. ....	40
<b>Tabla 17.</b> Contenido de aire atrapado. ....	41
<b>Tabla 18.</b> Relación agua/cemento por resistencia. ....	41
<b>Tabla 19.</b> Peso del agregado grueso por unidad del volumen del concreto. ....	43
<b>Tabla 20.</b> Diseño de mezcla para un concreto de $F'c=280\text{kg/cm}^2$ . ....	44
<b>Tabla 21.</b> Dimensiones de las probetas cilíndricas. ....	45
<b>Tabla 22.</b> Dimensiones de las vigas prismáticas. ....	46
<b>Tabla 23.</b> Pesos materiales de mezcla para una probeta. ....	46
<b>Tabla 24.</b> Pesos vidrio para una probeta. ....	46
<b>Tabla 25.</b> Pesos materiales de mezcla para una viga prismática. ....	47
<b>Tabla 26.</b> Peso de vidrio para una viga prismática. ....	47
<b>Tabla 27.</b> Moldeo de especímenes por apisonado. ....	48
<b>Tabla 28.</b> Ensayo de resistencia a la compresión para 7 días de muestras sin vidrio, y 2%, 7% y 12% de vidrio. ....	49
<b>Tabla 29.</b> Ensayo de resistencia a la compresión para 14 días de muestras sin vidrio y con 2%, 7%	

y 12% de vidrio.....	50
<b>Tabla 30.</b> Ensayo de resistencia a la compresión para 28 días de muestras sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio.....	51
<b>Tabla 31.</b> Ensayo a compresión de probetas circulares de concreto (Norma Técnica Peruana NTP339.034, ASTMc39).....	51
<b>Tabla 32.</b> Ensayo de resistencia a la flexión para 7 días de muestras sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio.....	54
<b>Tabla 33.</b> Ensayo de resistencia a la flexión para 14 días de muestras sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio.....	55
<b>Tabla 34.</b> Ensayo de resistencia a la flexión para 28 días de muestras sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio.....	56
<b>Tabla 35.</b> Ensayo de resistencia a la flexión de vigas prismáticas de concreto (ASTMC78, MTCE709, AASHTOT97).....	57

## Índice de figuras

Figura 1. Procedimiento .....	30
Figura 2. Análisis granulométrico del agregado grueso.....	33
Figura 3. Análisis granulométrico del agregado fino. ....	34
Figura 4. Comparación de la resistencia a la compresión de las probetas sin vidrio y con 2%, 7% y 12% del mismo Vs. Tiempo de curado .....	52
Figura 5. Comparación de resistencia a la compresión de las probetas sin vidrio y con 2%, 7% y 12% del mismo Vs. Resistencia a la compresión. ....	53
Figura 6. Comparación de la resistencia a la flexión de probetas sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio Vs. Tiempo de curado.....	57
Figura 7. Comparación de la resistencia a la flexión de probetas sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio Vs. Resistencia a la flexión.....	58

## Resumen

El presente proyecto de investigación “efecto del vidrio reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ”, pretende evaluar la viabilidad técnica de incorporar residuos provenientes de envases de vidrio y otros como materiales para la elaboración de concreto mejorado en sus características mecánicas de resistencia a la compresión y flexión de un concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ . El tipo de investigación fue aplicada, su enfoque cuantitativo y diseño experimental, se trabajó como variable independiente el porcentaje de vidrio reciclado previamente molido, se procedió a realizar un diseño de muestra sin vidrio, adicionalmente se le agregó porcentajes de 2%, 7% y 12% de vidrio molido a la mezcla base con lo que se tuvo muestras que se sometieron a ensayos de resistencia a la compresión y resistencia a la flexión, siendo la variable dependiente la resistencia a la compresión y flexión de las muestras; usando las normas del diseño de mezcla (ACI-COMITÉ 211), ensayo de la resistencia a la compresión (ASTM C-39, NTP 339.034, MTC E 704), ensayo de la resistencia a la flexotracción (ASTM C 78, MTC E 709, NTP 339.078, AASHTO T97); los resultados se procesaron, utilizando hojas de cálculo en Microsoft Excel.

Para desarrollar la investigación se usaron un total de 72 especímenes: 36 probetas cilíndricas de 15cm x 30cm; para el ensayo a compresión con porcentajes de 0%, 2%, 7% y 12% de vidrio molido; para un tiempo de 7,14 y 28 días, de igual manera 36 vigas prismáticas de 15 cm x 15 cm x 60 cm; para el ensayo a tracción con porcentajes de 0%, 2%, 7% y 12% de vidrio molido; para un tiempo de 7,14 y 28 días; siendo el 0% la muestra patrón. Se obtuvieron como resultados para la resistencia a la compresión la muestra patrón alcanzó un  $f'_c = 213.00 \text{ kg/cm}^2$ , con 2% de vidrio adicionado  $f'_c = 217.90 \text{ kg/cm}^2$  siendo 2.30% mayor que la muestra patrón, con 7% de vidrio adicionado  $f'_c = 212.24 \text{ kg/cm}^2$  siendo 0.36% menor que la muestra patrón, con 12% de vidrio adicionado  $f'_c = 212.24 \text{ kg/cm}^2$  siendo 0.36% menor que la muestra patrón; evidenciándose que con 2% la resistencia aumenta y a mayores porcentajes disminuye. En cuanto a la resistencia a la flexión se repitió el mismo comportamiento siendo los valores obtenidos con la muestra patrón alcanzó un  $M_r = 36.35 \text{ kg/cm}^2$ , con 2% de vidrio adicionado  $M_r = 36.79 \text{ kg/cm}^2$  siendo 1.21% mayor que la muestra patrón, con 7% de vidrio adicionado  $M_r = 32.66 \text{ kg/cm}^2$  siendo 10.15% menor que la muestra patrón, con 12% de vidrio adicionado



$M_r = 31.38 \text{ kg/cm}^2$  siendo 13.67% menor que la muestra patrón. Los datos obtenidos se procesaron en hojas Excel. En conclusión, se determinó que tanto la resistencia a la compresión, como a la flexión no guardan una relación lineal, siendo que adicionando 2% de vidrio molido aumentan ligeramente, para luego descender al aumentársele 7% y 12%; además de que el porcentaje de mejora es tan bajo (2.3% en compresión y 1.21% en flexión que no justifica el trabajo adicional.

**Palabras claves:** Vidrio molido, Especímenes, Concreto, Resistencia a la Compresión, Resistencia a la Flexión.

## Abstract

This research project "effect of recycled glass on the compressive and flexural strength of a concrete  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ " aims to evaluate the technical feasibility of incorporating waste from glass containers and others as materials for the elaboration of improved concrete in its mechanical characteristics of resistance to compression and bending of a concrete  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

The type of research was applied, its quantitative approach and experimental design, the percentage of previously ground recycled glass was worked as an independent variable, a sample design without glass was carried out, additionally percentages of 2%, 7% and 12% of ground glass to the base mixture, with which samples were submitted to compressive strength and flexural strength tests, the dependent variable being the compressive and flexural strength of the samples; using mix design standards (ACI-COMMITTEE 211), compressive strength test (ASTM C-39, NTP 339.034, MTC E 704), flexotracción strength test (ASTM C 78, MTC E 709 , NTP 339.078, AASHTO T97); the results were processed using Microsoft Excel spreadsheets.

To develop the research, a total of 72 specimens were used: 36 cylindrical specimens of 15cm x 30cm; for the compression test with percentages of 0%, 2%, 7% and 12% of ground glass; for a time of 7, 14 and 28 days, in the same way 36 prismatic beams of 15cm x 15cm x 60cm; for the tensile test with percentages of 0%, 2%, 7% and 12% of ground glass; for a time of 7, 14 and 28 days; 0% being the standard sample. As results for the compressive strength, the standard sample reached  $f'_c = 213.00 \text{ kg/cm}^2$ , with 2% glass added,  $f'_c = 217.90 \text{ kg/cm}^2$ , being 2.30% higher than the standard sample, with 7% glass. added  $f'_c = 212.24 \text{ kg/cm}^2$  being 0.36% less than the standard sample, with 12% glass added  $f'_c = 212.24 \text{ kg/cm}^2$  being 0.36% less than the standard sample; showing that with 2% the resistance increases and at higher percentages it decreases. Regarding the flexural strength, the same behavior was repeated, and the values obtained with the standard sample reached  $M_r = 36.35 \text{ kg/cm}^2$ , with 2% glass added,  $M_r = 36.79 \text{ kg/cm}^2$ , being 1.21% higher than the standard sample., with 7% added glass  $M_r = 32.66 \text{ kg/cm}^2$  being 10.15% less than the standard sample, with 12% added glass  $M_r = 31.38 \text{ kg/cm}^2$

being 13.67% less than the standard sample. The data obtained was processed in excel sheets. In conclusion, it was determined that both the resistance to compression and to bending do not have a linear relationship, being that by adding 2% of ground glass they increase slightly, and then decrease when increasing 7% and 12%; in addition to the fact that the percentage of improvement is so low (2.3% in compression and 1.21% in flexion that it does not justify the additional work.

**Key words:** Ground Glass, Specimens, Concrete, Compressive Strength, Flexural Strength.

## I. INTRODUCCIÓN

A través del tiempo y desde que se comenzó a usar el vidrio, gran cantidad de el después de su uso ha sido desechadas arrojándolo al medio ambiente circundante, lo que ha ido causando no solamente un problema ambiental grave sino también un riesgo a la salud a nivel mundial, a pesar que en los últimos años se está tratando de reciclar el vidrio después de su uso. La carencia de legislación e investigación orientada a reusar y controlar adecuadamente este tipo de desecho, así como las barreras culturales al conocimiento de la gestión de residuos, son las principales causas del problema ambiental de los residuos de vidrio en Perú. La generación de residuos de vidrio aumenta proporcionalmente al incremento poblacional y los malos hábitos de consumo.

La protección del medio ambiente es fundamental para crear una “sociedad sostenible”, en este caso, el uso de materiales reciclados en el concreto permitirá optimizar y ahorrar una gran cantidad de recursos a lo largo de la fabricación de los componentes.

Por lo tanto, este proyecto de investigación pretende evaluar la viabilidad técnica de incorporar residuos provenientes de envases de vidrio y otros como agregados para la producción de concreto mejorado en sus características mecánicas de resistencia tanto a la compresión como a la flexión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

Por su capacidad de moldearse cuando está fresco y por su resistencia cuando endurece, el hormigón, una sustancia hecha de cemento, árido grueso, árido fino y agua, se ha utilizado y estudiado durante cientos de años. Surgió cuando "Los arquitectos griegos y romanos descubrieron que una mezcla de fuerte resistencia podía soportar ser mezclado con agua dulce o salada cuando se combinaban en depósitos especializados con piedra caliza y arena". La adaptabilidad de la aplicación del hormigón ha hecho posible su uso en una gran variedad de estructuras, como casas, fábricas, calles, talleres, carreteras y avenidas, así como presas y canales. Esto ha permitido crear trabajos más seguros y cómodos para las personas. A medida que el concreto fragua, una reacción química provocada por la reacción hidráulica del cemento y el agua la cual crea la mezcla.

Con la finalidad de optimizar la mezcla, se han realizado estudios para investigar cómo se comporta el concreto cuando se le añade vidrio molido; en el estudio se utilizó vidrio molido y se obtuvieron resultados positivos. En este estudio, se evaluarán las propiedades mecánicas de los agregados para crear la amalgama del concreto utilizando la técnica ACI y, a continuación, se añadirá una determinada cantidad de vidrio machacado a la mezcla para producir una con mayores resistencias a la compresión y a la flexión.

Teniendo en cuenta esta información se planteó el problema ¿Cuál es el efecto del vidrio reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>?

Para lo cual se justifica esta indagación que se elaboró con el fin de determinar el efecto del vidrio reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, ya que de esta manera se puede dar uso al vidrio reciclado, de tal manera que a su vez se ayude al mejoramiento del medio ambiente. La presente investigación, permitirá dar un uso adecuado al vidrio que actualmente no tiene uso y afecta al medio ambiente, asimismo pretende determinar si el resultado de incorporar vidrio incrementa o reduce la oposición a la compresión y a la flexión del concreto  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>. Al responder la interrogante del planteamiento del problema, se estará en condiciones de saber si es factible o no usar el vidrio para variar las características de resistencia a la compresión y flexión del concreto  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup>. La presente investigación pretende apoyar el mejoramiento del ambiente, dando un uso al vidrio que luego de su uso y por no ser biodegradable se convierte en contaminante, asimismo investigar sus efectos en la resistencia del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, específicamente en la resistencia sobre la compresión y flexión.

Teóricamente se justifica porque permitirá aplicar los conocimientos y capacidades adquiridas durante nuestra formación universitaria; Técnicamente a su vez permitirá conocer cómo influye añadir vidrio reciclado, en la resistencia de un concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, usando cemento (portland TIPO 1), para lo cual se preparará mezclas con diferente porcentaje de vidrio, calculándose luego los valores de oposición a la compresión y flexión, usando las normas del diseño de mezcla (ACI-COMITÉ 211), prueba de la resistencia a la compresión (ASTM C-39, NTP 339.034,

MTC E 704), ensayo de la resistencia a la flexotracción (ASTM C 78, MTC E 709, NTP 339.078, AASHTO T97).

El objetivo general de esta investigación es evaluar el impacto del vidrio reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ . Y como específicos el hacer un análisis de muestras de materiales para que el concreto tenga una resistencia de  $210\text{kg/cm}^2$ ; diseñar una mezcla patrón; Determinar la resistencia a la compresión del concreto  $f'_c 210\text{kg/cm}^2$  con la aplicación del vidrio reciclado; Determinar la resistencia a la flexión del concreto  $f'_c 210\text{kg/cm}^2$  con la aplicación de vidrio reciclado; evaluar la dosificación más óptima para mejorar la resistencia del concreto.

Frente a estos objetivos y el problema planteamos la hipótesis es que la adición de vidrio reciclado, tiene un resultado positivo en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto  $F'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

## II. MARCO TEÓRICO

El presente trabajo posee sustento en artículos de investigación, internacionales y nacionales, los cuales versan en las variables de estudio. A nivel internacional encontramos a Krause (2021) en su artículo sobre la sustitución porcentual del cemento por residuos de vidrio, se planteó como principal objetivo examinar las resistencias a la compresión de morteros a partir de residuo de vidrio esmerilado (GLR). Se llevaron a cabo tiempos de molienda de 16 h y 32 h y se ensayó GLR en sustituciones de cemento de 10% en peso, 15% en peso y 20% en peso. Se realizó un análisis estadístico para verificar qué factores afectaron la resistencia del mortero. También se probó el efecto mitigante de GLR en ASR. Los resultados mostraron que el tiempo de molienda no afectó significativamente la resistencia, pero el % en peso de sustitución sí lo hizo. La sustitución del 20% en peso demostró proporcionar el mejor resultado ya que era estadísticamente igual a la mezcla estándar.

García. (2020) en su artículo sobre la evaluación de adoquines que tienen en su manufacturación vidrio reciclado, con la finalidad de evaluar los adoquines manufacturados con materiales áridos de las canteras de Chota y la incorporación de vidrio reciclado. Para este análisis, el autor adicionó vidrio reciclado a los adoquines tipo I (utilizados para tráfico peatonal) en 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 40% y 50%. Estos adoquines han producido oposición a la compresión superiores a los requerimientos mínimos de las NTP, sin embargo, no superiores a las resistencias del diseño patrón (diseño con 0% de vidrio reciclado). Se utilizó el enfoque de diseño del Comité 211 del ACI para completar el diseño de la mezcla. Con un 20% de adición de vidrio la oposición a la compresión que presentarían los adoquines serían los esperados, es decir, los mejores desde el punto de vista técnico y económico. Los autores llegan a la conclusión de que, al ofrecer más resistencia, los adoquines fabricados con un 20% de vidrio reciclado producirían los mejores resultados.

Gonzales (2020) en su artículo sobre la evaluación de la elaboración de hormigones cubanos incorporando vidrio reciclado se planteó como objetivo el utilizar en las amalgamas de hormigón vidrio reciclado como reemplazo porcentual de la arena y el cemento. En un laboratorio, se utilizó vidrio machacado como reemplazo de cemento y agregado fino en dosis del 25%, 50% y 100% para el primer estudio y del 10%, 20% y 30% para el siguiente. La uniformidad y la oposición a la compresión de las mezclas resultantes se compararon con la norma. La porción de sustitución de arena en las amalgamas frescas produjo un incremento directo a la consistencia, pero la cantidad de sustitución de cemento tuvo un efecto contrario, aunque todas mantuvieron una consistencia utilizable. La oposición a la compresión de las amalgamas aumentó gradualmente entre los 7 y los 28 días de edad, alcanzando en los especímenes M1, M4 y M5 valores superiores a los del espécimen base. Es posible reemplazar hasta un 20% del cemento por vidrio machacado procedente de botellas recicladas y seguir obteniendo resultados comparables a los del hormigón convencional, según las conclusiones del ensayo de oposición a la compresión del hormigón seco.

Guo (2020) en su artículo sobre las nuevas perspectivas sobre el vidrio reciclable en la elaboración de amalgamas de hormigón, cuyo estudio menciona que sólo un pequeño porcentaje del vidrio desechado a nivel mundial es reciclado; actualmente este vidrio reciclado es empleado en el hormigón, ya que ha reflejado ser un material prometedor en la gestión de residuos sólidos. No obstante, aún no se ha logrado identificar de manera uniforme los efectos de los residuos del vidrio en el hormigón; un grupo de investigadores señala que emplee vidrio reciclado en el hormigón mejoró sus propiedades, mientras que otros manifiestan totalmente lo opuesto. Por ello, la presente investigación analizó una serie de resultados reportados por diversos investigadores, obteniendo como resultado que el vidrio reciclado aporta beneficios en el hormigón ya que permite una mayor resistencia, durabilidad, propiedad térmicas, microestructura del concreto y propiedades eléctricas; concluyendo que es imprescindible el desarrollo de investigaciones futuras que faciliten la adopción del vidrio reciclado en el hormigón a fin de obtener una infraestructura duradera y un desarrollo sostenible.



Magno (2020) en su artículo sobre el reforzamiento del hormigón con adición de vidrio reciclado para el manejo adecuado de las grietas y fisuras ocasionadas por la contracción plástica, manifestó que se realizaron diversos ensayos de laboratorio frente a la existencia de hendiduras en losas. Para ello se agregó vidrio triturado a fin de frenar la contracción plástica con diversas dosificaciones de vidrio machacado de colores como marrón y verde, en donde se acogieron 4 tipos de mezcla, las cuales fueron sometidas a fisuración, comprensión, flexión para determinar la resistencia. El método utilizado fue deductivo destinado a un enfoque cuantitativo, además de tener un instrumento principal de acopio de información retro lectivo, descriptivo, correlacional. Los resultados exponen que los ensayos de fisura en losas, siendo el objeto de estudio, al agregar el 1% de vidrio machacado, reducen en un 83,32% y 85,18%, y al incorporar el 5% de vidrio molido reduce un 85,82% y 88,88%. En esta línea, los autores concluyen afirmando que el vidrio machacado contribuye a la disminución de hendiduras en losas de hormigón, además de controlar la contracción plástica.

Powezka (2020) a través de su artículo sobre reutilización de vidrio con alta resistencia calórica en cemento sometido a carga térmica describe la posibilidad de emplear el vidrio reciclado como agregado para producir cemento, para ello lo que realizaron los autores fue diseñar tres tipos de mezclas de diversos residuos, teniendo como base fue el cemento Portland CEM I 42.5 R; una de estas muestras contenía vidrio borosilicato, primigeniamente en un 0%, luego 2.5% y finalmente un 7,5%; se midió la densidad, la oposición a temperaturas elevadas y la filtración al agua. Para medir la temperatura emplearon termopares y diversos elementos que fueron calentaron en un horno especial a temperatura de 200°, 400°, 600° y 800° Celsius. El avance de cada fase y la topografía compuesta fueron observadas a través de la microscopía electrónica de dispersión de energía de rayos x; obteniendo como resultados que el cemento compuesto de vidrio reciclado mejora las propiedades térmicas ya que resiste el calor en un 2.5% más. Asimismo, la resistencia a la compresión logra un alcance de 48,6 MPa después de 28 días. Concluyendo que el cemento compuesto por vidrio reciclado posee una serie de propiedades físico químicas buenas y fructíferas para la construcción.

Rivera (2020) en su artículo sobre concreto reciclado, sostiene que la mampostería y el cemento son los materiales de construcción más empleados en América Latina; sin embargo, cuando termina la vida útil de los edificios también son los materiales que generan desechos, perjudicando directamente el entorno natural. No obstante, existen diversas alternativas para evitar este perjuicio y es la reutilización de materiales como bloques, piezas de construcción, cementos, entre otras, en el presente artículo se analizaron tres antecedentes a fines del tema de interés, obteniendo como resultado que si es posible integrar materiales reciclados en las construcciones ya que estos repercuten directamente en el desempeño físico y mecánico, teniendo en cuenta las variaciones debido a que al agregarle una proporción del 20% de vidrio molido reutilizado a la mezcla de concreto se consigue una capacidad similar a la mezcla tradicional; sin embargo, cuando la proporción de vidrio reciclado supera el 50% los resultados son inferiores a la mezcla tradicional. Asimismo, se determinó que la incorporación del vidrio presenta resistencia al esfuerzo de compresión que ronda el 210.10 Kg/Cm<sup>2</sup>.

Tamanna y Tuladhar. (2020) en su artículo sobre uso del vidrio de polvo como reemplazo de cemento señala que la fabricación del hormigón repercute en el ambiente debido al carbono empleado en la fabricación del cemento, y al ser este un elemento clave para la producción del hormigón no puede ser descartado totalmente. Por ello, varios investigadores actualmente buscan reemplazar el cemento en el hormigón a través de materiales reutilizados como el vidrio ya que al elaborar una tonelada de cemento también representa una tonelada de Monóxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Los autores señalan uno de los programas que se está ejecutando en Australia, que consiste en reemplazar una parte del cemento por vidrio reciclado, para ello se empleó cemento de cenizas volantes y cemento normal, así como arena fina y arena gruesa, en reemplazo del cemento se agregó vidrio reciclado obtenido de desechos domésticos de Australia, todos los elementos reciclados fueron clasificados y pasados por una cinta transportadora, la misma que separa los artículos y seleccionaba los envases de vidrio, los mismos que luego pasaban a proceso de trituración; la trituración del vidrio arroja dos niveles de finura de 5mm y de 3mm, las primera de ellas son utilizadas en la construcción de carreteras, se puede crear un mercado de alto valor para el vidrio reciclado

utilizando polvo de vidrio reutilizado en el concreto disminuyendo la cantidad de cemento.

Alireza (2019) en su artículo sobre el efecto de vidrios machacados obtenidos por medio de reciclaje y su efecto en las propiedades mecánicas del hormigón en comparación con el método convencional señala que su finalidad fue reflejar los beneficios del vidrio reciclado en el cemento, viendo este residuo como una alternativa de bajo costo y de sostenibilidad en comparación al humo de sílice, cenizas volantes y arena fina de espuma de concreto. Se refieren que uno de los principales criterios para no emplear el vidrio reciclado en la construcción es la reacción al ASR y su durabilidad; sin embargo, al analizar el mortero de vidrio a través del SEM-EDS se vio como las partículas de vidrio reciclado genera la creación del gel ASR; por otro lado, a través del análisis de microtomografía determinó que la estructura porosa de la espuma de hormigón puede adaptar el gel ASR con una expansión menor, evitando los agrietamientos. De los resultados obtenidos, los autores señalan que el cemento reemplazado con el 10% de vidrio resultó tener mayor eficacia en comparación con los otros agregados cementosos ya que se fortalecieron los poros. Concluyendo que el empleo de vidrio reciclado en la elaboración del cemento disminuyó de manera ligera la absorción de agua, sin embargo, se aminoró de manera sustancial el encogimiento por secado de la espuma de concreto.

García, (2019) en su artículo sobre el efecto de FC3R en las propiedades del concreto incorporando vidrio reutilizado , cuyo objetivo fue el estudio del hormigón de ultra alto rendimiento es una de las innovaciones que ha revolucionado al mundo de la construcción, sin embargo debido a que posee altos niveles de humo de sílice y cemento perjudican directamente el medio ambiente, y sus costos de fabricación resultan muy elevados en comparación del hormigón convencional, por ello emplear nuevos elementos como el vidrio reciclado permitiría no sólo reducir sus costos sino también evitar un impacto nocivo en el ambiente, por ello a través de esta investigación los autores buscaron demostrar la probabilidad del reemplazo parcial del cemento por FC3R a través de un proceso optimizado, para ello mezclaron el vidrio reciclado con el concreto de ultra rendimiento; obteniendo como resultado que UHPC fresco se reduce considerablemente al cambiar las partículas de

cemento con FC3R.

Vandevyvere., (2019) en su artículo sobre efecto de las fibras de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto tuvo como finalidad el hallar la influencia de la fibra de vidrio en la conducta mecánica del hormigón con áridos de hormigón reciclado; para ello realizaron cuatro mezclas de hormigón RCa con fibras de vidrio (Minibares CEM-FILTM) con los siguientes contenidos: 5 kg / m<sup>3</sup>, 10 kg / m<sup>3</sup> y 15 kg / m<sup>3</sup>, respectivamente; obteniendo como resultado que el comportamiento mecánico del concreto de áridos reciclados (RAC) mejoraron con la adición de fibras de vidrio reutilizado debido a que son más resistentes a la flexión, la compresión, la elasticidad y la tracción a la rotura.

Dabiri (2018) en su artículo sobre la influencia de la sustitución de la arena con vidrio machacado en los parámetros de las propiedades del concreto cuyo objetivo de estudio investiga el efecto de reemplazar el agregado con partículas de vidrio de desecho sobre la oposición a la compresión y la cantidad de concreto. Para lograr el objetivo, se crearon en total 27 probetas cúbicas; Se hicieron 6 muestras de hormigón, mientras que se añadieron partículas de vidrio de desecho a la mezcla de otras muestras. Para evitar la reacción de sílice alcalina (ASR), se añadió micro sílice a la mezcla de muestras que contenían vidrio. Generalmente, los resultados indicaron que reemplazar el agregado con partículas de vidrio en más del 30% conduce a un alza en la oposición a la compresión del concreto. El peso del hormigón sigue siendo casi el mismo en todas las probetas. Brevemente, con base en los datos obtenidos se podría concluir que la cantidad óptima para la suplencia de agregados por granos de vidrio es del 50%.

Farfán (2018) en su artículo sobre fibras de acero y su efecto en la resistencia a la compresión del concreto cuyo objetivo principal fue analizar cómo afecta la fibra de acero a las muestras de hormigón cuando se utiliza una oposición a la compresión. Para la prueba de oposición a la compresión se emplearon tres grupos de tres probetas cada uno, incluyendo un grupo base y dos grupos experimentales utilizando fibra de acero en cantidades de 25 y 30 kg/m<sup>3</sup>. A los 14 días, las probetas se sometieron a un ensayo de compresión. El grupo de fibra de acero, de 25 kg/m<sup>3</sup> de proporción, fue el más resistente según los datos, alcanzando los 212,39 kg/m<sup>2</sup>,

y superando al grupo base en un 1,1%.

Flores (2018) en su artículo sobre el efecto de la adición de vidrio machacado en el comportamiento a alta temperatura de morteros de cemento cuyo principal objetivo fue el estudio de la incorporación de cemento proveniente de residuos tiene como finalidad conseguir un balance en el medio ambiente; uno de estos residuos es el vidrio ya que posee una alto grado de posibilidades y recuperación para ser reutilizado, por ello actualmente se estudia como este podría servir para sustituir al árido y cómo repercute en el resultado final. Por ello, la finalidad de esta investigación fue caracterizar las modificaciones que se producen en un mortero de proporción 1:3 (cemento/arena) cuando se sustituye la arena por vidrio machacado en cantidades del 25% y el 50% en peso. Se trata de realizar una caracterización mineralógica, química, térmica, mecánica y física, luego de ello los especímenes fueron expuestas a calentamiento de 600° C y 800° C con la finalidad de analizar su proceder tras ser sometidas a limitaciones semejantes a las de un mortero refractario; obteniendo como producto que las muestras que tenían incorporaciones de vidrio mostraron un mejor comportamiento.

Gerges (2018) en su artículo “Recycled Glass Concrete: Coarse and Fine Aggregates” cuyo objetivo es el estudio de un hormigón reciclado. En la ingeniería civil se busca implementar el uso de diversos materiales, teniendo como principal alternativa los materiales reciclados, dentro de los que se encuentran la escoria de alto horno, la ceniza de carbón granular, papel, madera, entre otros., el vidrio es el componente que está siendo estudiado para cambiar los áridos finos en el hormigón; un estudio agregó diversas concentraciones de vidrio en agregados gruesos en diversas porciones (tercero, mitad y 100%). Obteniendo como resultado que el reemplazo en tercer agregado fue el más adecuado para conservar las propiedades de la mezcla de hormigón; por otro lado también se estudiaron agregados finos con la finalidad de contabilizar el número de variables y establecer un banco de arena, color de vidrios, fuentes de residuos, fuera de la mezcla, los agregados de vidrio marrón, verde así como las botellas transparentes fueron empleadas para el estudio, obteniendo como resultado que la incorporación de arena de vidrio independiente de los porcentajes de sustitución no mostraron un cambio significativo en las propiedades del hormigón, a diferencia de las botellas

transparentes, las mismas que por su sostenibilidad generaron gran discrepancia.

Mahmoud (2018) en su artículo sobre las ventajas de incorporar vidrio de botellas recicladas en el concreto cuyo principal objetivo fue emplear elementos reutilizados ya que es la mejor opción para reducir los desechos propios de la construcción; sin embargo, hasta la fecha son pocas o casi ninguna empresa que aplique residuos en la elaboración del hormigón. Por ello, el presente artículo busca analizar y revisar cada uno de los estudios referidos a la reutilización de materiales, específicamente de la utilización del vidrio, obteniendo como resultados que el hormigón mezclado con vidrio reciclado poseen el mismo asentamiento que el hormigón normal; sin embargo, ello no ocurre con la resistencia ya que la mezcla de hormigón con vidrio reciclado posee una resistencia menor a la compresión que el hormigón convencional; por otro lado se demostró que la amalgama de hormigón con vidrio reciclado mejora la oposición a la humedad y presenta una mejor permeabilidad así como una mejora en el ASR. Finalmente, los autores concluyen que el vidrio reciclado beneficia la resistencia y durabilidad del hormigón convencional.

Trezza y Rahhal (2018) en su artículo sobre el efecto de incorporar vidrio machacado en las mezclas de cemento tuvo como finalidad de esta investigación el examinar las variaciones estructurales, la composición mineralógica, el tamaño y la forma de las partículas, así como la reactividad y la actividad puzolánica del MS y del vidrio molido. Así mismo plasmó los resultados modificados en pastas y morteros con diferentes proporciones en peso de ambas adiciones (8, 16 y 24%). Se estudió el seguimiento de la hidratación de las pastas mediante difracción de rayos X (DRX), la puzolanidad potencial mediante el ensayo de Frattini, y la cinética de incorporación precoz de agua mediante calorimetría de conducción. Los autores presentaron los datos obtenidos de la fluidez y la resistencia a la compresión del mortero estándar a los 2, 7 y 28 días. Los resultados de la investigación demuestran que la adición de vidrio en polvo como aditivo hace que la actividad puzolánica se desarrolle más lentamente y en menor medida que cuando se utiliza MS, pero no afecta a la fluidez de los morteros y aumenta en gran medida su resistencia mecánica.

Ureña y Alvarado (2018) en su artículo sobre el hormigón armado en vigas de flexión y su efecto al entrar en contacto con el calor cuyo objetivo fue el estudio de la oposición a flexión de vigas de hormigón armado, las cuales son exhibidas al fuego por diversos tiempos, luego de ser sometidas al calor se dejaron enfriar a temperatura ambiente en el plazo de un día y se analizaron detenidamente. Luego de la observación, se determinó que las temperaturas oscilan entre 750°C y 1050°C, las mismas que fueron sometidas al ensayo ASTM donde se pudo establecer que la oposición a flexión reduce considerablemente conforme incrementa la temperatura y el periodo de exposición de las vigas al fuego, exponiendo diversos signos de degeneración que puede ser desde una leve calcinación hasta una modificación en cuanto a la coloración. Por tanto, dicha investigación expuso que la oposición a flexión disminuye en más del 90% en comparación con las vigas no expuestas al calor del fuego.

Aseel (2017) en su artículo sobre el efecto del vidrio reciclado en el concreto verde sostienen que el impacto ambiental que deja el uso de cemento ha generado que en la actualidad surjan diversos estudios relacionados con el uso de materiales reciclados con la finalidad de reemplazar el cemento y así evitar un daño ambiental, por ello en el presente artículo los autores emplearon diversos tipos de vidrio reciclado como neón, verde y marrón, pues el vidrio presente un alto porcentaje de dióxido de silicio en diferentes concentraciones. Para la ejecución del estudio se emplearon muestras de 11%, 13% y 15% de vidrio por peso de cemento, después de ellos se mezcló, vació y curó en agua a  $(20 \pm 2)^\circ \text{C}$  durante siete, catorce y veintiocho días, obteniendo como resultado que las características mecánicas reflejaron una oposición a la compresión en un 13% del peso de cemento en el vidrio neón, mientras que la oposición a la tracción por división apareció como el valor más alto en el mismo porcentaje, pero del vidrio verde.

Carrillo (2017) en su artículo sobre el sometimiento a resistencia de flexión al concreto modificado con fibras de acero, cuyo objetivo principal fue examinar rápidamente los efectos de dos ambientes cáusticos. Como parte del programa experimental se probaron 54 probetas de hormigón que habían sido reforzadas con fibras de acero y tenían una proporción diámetro-longitud de 65. Los resultados se contrastaron con los de las probetas retenidas en las mismas circunstancias. Los

resultados se contrastaron con los cilindros que se mantuvieron en las mismas circunstancias. Se ha demostrado que, durante el periodo de exposición, los iones de cloruro del medio salino (NaCl al 3,5%) provocan una degradación de las prestaciones mecánicas del hormigón modificado con fibras de acero, como una pérdida del 10%-11% de la tenacidad y la resistencia a la flexión. Sin embargo, la exposición al ambiente salino aumenta la probabilidad de flexión del CRFA, lo que puede restaurar su flexibilidad y el grado de adhesión entre la matriz y las fibras de acero incrustadas durante la fase de inicio de la corrosión. El impacto de las condiciones húmedas y salinas sobre el CRFA bajo cargas de flexión durante la fase de inicio de la corrosión se explicó finalmente mediante ecuaciones.

Manuwir (2017) en su artículo "On the review of glass reinforced concrete", tuvo como objetivo principal explorar diversos recursos de vidrio como una forma de agregado grueso o fino o como una forma de arena, para la ejecución de proyectos que no perjudiquen al medio ambiente. Anteriormente se creía que los desechos de vidrio si bien satisfacían los objetivos del reciclaje, no lo hacían cuando se trataba de hormigón pese a su buen rendimiento, esto se debía a que los residuos de vidrio sufren un problema grave a raíz de los fenómenos de reacción álcali-sílice (ASR). El autor en su artículo explora diversos y extensos estudios realizados en base a la implementación del vidrio reciclado, obteniendo como resultado que los desechos de vidrio han superado los esquemas anteriormente mencionados y ahora se potencian como uno de los principales materiales para la ingeniería civil, ello se visualiza en la creación de bloques de hormigón, adoquines y prefabricados de hormigón, así como paneles.

Rahma (2017) en su artículo el efecto del vidrio en la oposición a la compresión y trabajabilidad del concreto cuyo objetivo fue analizar las propiedades mecánicas y mineralógicas del vidrio con la finalidad de mejorar las propiedades del hormigón, ya que en este el vidrio ha sido empleado de diversas maneras (polvo, agregado grueso, agregado fino, como parte de cemento). Sin embargo; los resultados obtenidos por este estudio fueron muy variados, hasta contradictorios debido a la forma en que se empleó el vidrio, por ello y para evitar estas contradicciones los autores se basaron sólo en los efectos del polvo de vidrio sobre las características del hormigón mediante una serie de ensayos para dos cantidades constantes de



cemento, 350 y 400 kg por metro cúbico. Para su ejecución se ejecutaron dos campañas, la primera de ellas va aumentando el vidrio de manera gradual (2,5% del peso del cemento) hasta llegar al 15%, sin añadir aditivos químicos. Esta campaña permitió determinar las características del vidrio en polvo sin ser confundido con el cemento. En la segunda campaña se amplió el estudio, añadiendo una porción de vidrio de 7,5% a los lotes con el uso de superplastificante tipo F para investigar sus posibles propiedades mecánicas. La primera campaña arrojó resultados modestos a diferencia de la segunda, ya que se determinó que el polvo de vidrio con el plastificante, podría servir a la industria del concreto, particularmente a la producción del concreto autocompactante donde se requiere hormigón de alto rendimiento.

Carrillo y Silva (2016) en su artículo sobre las losas de concreto modificadas con fibra de acero y su resistencia a la flexión afirman que incorporar fibras de acero para reforzar el hormigón ha contribuido a aumentar la calidad del material como los métodos de construcción. Este estudio examina el comportamiento de una losa de hormigón sobre rasante doblada con fibras de acero. Se desarrollaron ensayos de compresión, módulo de elasticidad, tracción y flexión utilizando 36 especies cilíndricas y 12 especies de vigas. Los resultados se presentan en esta publicación. Finalmente, los resultados mostraron que las deflexiones en las cargas máxima y última, en la falla de las losas incrementaron en la medida que aumentó la proporción de fibras de acero.

Moreno (2016) en su artículo sobre la tensión del concreto con agregado calizo y su resistencia a la tensión tuvo como objetivo principal el examinar la oposición a la tracción del hormigón. Debido al hecho de que el hormigón puede agrietarse en distintas situaciones de carga o como resultado de otras variables, como condiciones meteorológicas extremas, su oposición a la tracción es una consideración relevante en la construcción de estructuras. Teniendo en cuenta lo anterior, es imprescindible disponer de ecuaciones de cálculo estimado de la oposición a tracción basadas en la oposición a compresión axial del hormigón, que es la propiedad que más se investigó. Se analizaron especímenes cilíndricos y prismáticos elaborados con áridos calizos machacados de gran absorción a tres proporciones de a/c diferente. Se evaluaron las resistencias a compresión y a

tracción de cada variedad de concreto; esta última se adquirió tanto en compresión como en tracción. Las ecuaciones generadas resultaron comparables a las mencionadas en el Reglamento de Concreto Estructural del Instituto Americano del Concreto y a las publicadas investigaciones anteriores basándose en las comparaciones mencionadas.

Ospina (2016) en su artículo sobre el efecto de la resistencia a la flexión de concretas modificaciones con residuos de concreto, describe la necesidad de indagar opciones para reducir el daño ambiental por el desgaste creciente de las canteras y utilizar los elementos producto de los procedimientos de trituración, en este estudio se exponen los datos recolectados de diversos tipos de concretos típicos o convencionales reemplazados en ellos. La investigación se desarrolló en función a la variación de agua y cemento y se sumaron fibras de acero en diversas proporciones, lo cual direccionó a adquirir cambios directos sobre las características mecánico-físicas de los concretos examinados.

Rodríguez y Ruiz (2016) en su artículo sobre el efecto que trae el incorporar vidrio reutilizable como reemplazo de cemento, sostienen que el acopio de desperdicios en las ciudades es un conflicto que ha generado la ejecución de investigaciones orientados a la utilización de residuos. Los desechos urbanos más convencionales se hallan en el vidrio, el cual puede reutilizarse para la elaboración de nuevos recipientes, aunque resulta difícil para trasladar el vidrio destinado a reciclaje desde el lugar que se realiza hacia las cristalerías que se encargan de dicho proceso, es por ello que los autores proponen optar por opciones alternativas al material. Una de estas opciones se basa en integrar a algún proceso como la elaboración de hormigón sustituido parcialmente de cemento de la mezcla. Esta indagación estudió cómo perjudica la afiliación de vidrio triturado delicadamente la oposición del concreto y la reacción álcali-sílice de dicha mezcla. Los datos obtenidos determinaron que el vidrio molido reacciona como una puzolana, aunque su uso como sustitución del cemento disminuye su resistencia en primeros momentos, comparado con las amalgamas sin añadir vidrio, ya que su oposición es mayor a lo que se presume en un primer momento.

Sadiqul (2016) en su artículo sobre el vidrio triturado como reemplazo del cemento tuvo como principal objetivo el obtener pequeñas partículas particulares se espera que este experimente reacciones puzolánicas con los hidratos de cemento, formando un hidrato de silicato de calcio secundario (C – S – H). Por ello, evaluaron diversas propiedades químicas del vidrio transparente y de color, aplicando el método de fluorescencia de rayos X (XRF), encontrándose pequeñas diferencias entre la composición de ambos vidrios (color y transparente). Los ensayos de fluidez y oposición a la compresión en mortero y hormigón se llevaron a cabo agregando 0-25% de vidrio esmerilado en el que la proporción de agua a aglomerante (cemento + vidrio) se mantiene igual para todos los niveles de reemplazo; con la incorporación del vidrio, se aumentó el flujo ligeramente, observándose un flujo menor en el hormigón. Asimismo, para evaluar los efectos puzolánicos y el empaque se realizaron más pruebas con los mismos detalles de combinación y una cantidad de aditivo superplastificante al 1% (por peso de cemento) y, en general, se encontró un incremento en la oposición a la compresión de los morteros con mezcla. Al igual que con el mortero, se prepararon especímenes de cubos de hormigón y se ensayó su resistencia (hasta 1 año). Los resultados de la prueba de oposición a la compresión indicaron que el mortero de vidrio reutilizado y el concreto dieron mayor oposición a la compresión en comparación con especímenes patrón.

Adaway y Wang (2015) en su artículo sobre el efecto de reemplazar el agregado fino por vidrio triturado en la mezcla para concreto estructural, cuyo principal objetivo tuvo como finalidad determinar el nivel de reemplazo de vidrio que resulta en una resistencia a la compresión óptima, empleando para ello tres especímenes de concreto durante 7 y 28 días, para las cantidades de reemplazo de vidrio de 15%, 20%, 25%, 30% y 40%; encontrándose como resultado que la fuerza compresiva aumentaba hasta un 30%, la resistencia fue de 9% y 6% más alta que el control después de 7 y 28 días respectivamente.

Anand, A. (2015) en su artículo sobre la incorporación de polvo de vidrio en reemplazo del agregado fino y su efecto en las características mecánicas del concreto, menciona que la sostenibilidad del hormigón se encuentra amenazada debido a la serie de recursos naturales que lesiona su elaboración, por ello y con la finalidad de contrarrestar la vulneración del medio ambiente se reemplazó la arena natural del hormigón por vidrio reciclado. El presente estudio examinó el resultado del reemplazo de vidrio reciclado por agregados finos respecto las propiedades mecánicas de Portland hormigón de cemento. El vidrio reciclado reemplazó a los agregados finos en 0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100% en peso para Mezcla M20. Dando como producto que la mezcla de vidrio reciclado presenta mayor resistencia a la tracción, compresión y elasticidad durante los 28 días de estudio. Concluyendo que el uso de polvo de vidrio reciclado es una gran posibilidad en la economía de residuos, así como en la conservación del medio ambiente.

Bedoya y Dzul (2015) en su artículo sobre sostenibilidad urbana mediante el uso de agregados reciclados en mezclas de concreto. El objetivo principal fue explorar la creación de hormigón a partir de materiales reciclados recuperados de escombros de albañilería y hormigón. En comparación con el hormigón convencional, se evalúan características como la porosidad, la carbonatación y el coste económico en términos de resistencia y compresión a los 3, 7, 3, 28, 56 y 91 días. Según los resultados, determinadas combinaciones presentaban una oposición a la compresión y una velocidad de impulsión equivalentes en un 98% a las combinaciones de referencia, mientras que la amalgama creada con materiales reciclados presentaba un contraste de profundidad de 0,7 mm. Los resultados indicaron que es posible producir hormigón para algunas construcciones utilizando materiales reciclables.

Cruz (2015) en su artículo sobre una amalgama compuesta por PET y su efecto en la oposición a la tensión y flexión tuvo como objetivo de este experimento el identificar los parámetros de procesado que proporcionarían al compuesto de madera y plástico la mayor resistencia posible a la tracción y a la flexión con la menor variación posible. El tamaño del grano de la fibra de relleno se utilizó como elemento de ruido. Un diseño de experimentos de matriz mixta utilizó líneas de contorno para aplicar la metodología de superficie de reacción. Los datos

experimentales recogidos fueron caracterizados satisfactoriamente por los modelos de regresión. El factor de ruido y los tres factores de control tuvieron un impacto significativo en oposición a la tracción y a la flexión de la mezcla.

Franco (2015) en su artículo utilizó metacaolín, vidrio reciclado y fibra óptica para elaborar concreto translucido con el objetivo de utilizar materias primas diferentes a las convencionales con la finalidad de mejorar las propiedades. Esta nueva propuesta busca manifestarse como una propuesta innovadora a nivel arquitectónico, además de disminuir costos y contribuir con el impacto ambiental. Por eso proponemos desarrollar un concreto no estructural alterado con metacaolín y que produzca efectos de translucidez mediante la inclusión de vidrio reutilizado y fibra óptica. La reacción del concreto innovador presentó una considerable disminución de resistencia a causa de las fibras ópticas, mientras que la presencia del metacaolín mejoró la resistencia del álcali-sílice, coadyuvando a la durabilidad del concreto.

Hamid y Zubir (2015) en su artículo "Bending properties of reinforced recycled glass concrete beam" emplearon el vidrio reciclado para sustituir el agregado fino en diversas cantidades de mezcla. Las muestras de control estaban conformadas por hormigón de cemento, el cual contiene arena y agregado grueso. Asimismo, los hormigones de vidrio reciclado poseen 70% de agregado fino natural y 30% de vidrio molido, cuyas muestras fueron expuestas a 90 días. En este sentido, los resultados demostraron que el hormigón con vidrio reciclado tiene menor extensión para trabajar de manera íntegra como hormigón armado al exponer su oposición a la flexión al 91% y al 84% de la oposición a la flexión teórica, mientras que en cuanto a la muestra patrón su oposición a la flexión es de 10% mayor que el valor teórico. Sin embargo, el índice de tenacidad del hormigón de vidrio reciclado en sustitución de arena fina se encuentra a la par con las muestras de control, lo cual demuestra el proceder adaptable del hormigón de vidrio reciclado.

Poveda (2015) en su artículo sobre el efecto en la oposición al desgaste al incorporar vidrio triturado en adoquines de hormigón tipo A, planteo como objetivo el caracterizar los adoquines fabricados utilizando las normas EN 1338 e INEN 1488 y determinar el impacto de usar vidrio triturado como árido en la oposición al desgaste de los adoquines de concreto de tipo "A". Con el objetivo de dotar al hormigón de una mayor resistencia al desgaste, se utiliza vidrio en sustitución de los áridos finos que suelen emplearse en el hormigón. Se utilizaron diferentes granulometrías y dosis.

Mientras que a nivel nacional tenemos:

Mosqueira (2019) en su artículo sobre cambios en la resistencia a la flexión en vigas de concreto al ser modificadas con láminas de fibras de carbono planteo como finalidad de investigación el averiguar cómo cambiaba la resistencia a la flexión de las vigas de hormigón cuando se reforzaban con láminas de fibra de carbono. Para llevar a cabo la indagación se crearon 20 vigas de hormigón armado de tipo I y tipo II. De ellas, 10 se construyeron con hormigón de calidad  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, mientras que las otras 14 se hicieron con  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>. A continuación, para evaluar la oposición a flexión, todas las vigas se ensayaron como si estuvieran bajo una carga puntual en la mitad de la luz. En conclusión, se calculó que la adición de láminas de fibra de carbono aumentaba la oposición a la flexión de las vigas de hormigón entre un 59,8% y un 63,6%.

Diaz y Gonzales (2019) en su artículo referente a la comparación entre concreto en muestras cilíndricas y cúbicas respecto a la oposición a la compresión" cuyo objetivo fue el comparar la oposición a la compresión de probetas cilíndricas y cúbicas diseñadas a  $f'c$  210 kg/cm<sup>2</sup>,  $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>, y  $f'c=350$  kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Estos tipos de especímenes fueron evaluados y ensayados en el laboratorio de acuerdo con las NTP. y bajo la dirección de las normas chilenas para cada espécimen. Dicho estudio se realizó a partir de la evaluación de concreto tradicional, considerando como factores el slump, temperatura y peso. A su vez se examinó el concreto en estado seco, propiedades y factores como la oposición a compresión, el cual será sometido a los dos tipos de probetas. Finalmente, los resultados infieren que al emplear probetas cúbicas las oposiciones obtenidas a

compresión son superiores en contraste con la utilización de moldes cilíndricas.

Reyes (2018) en su artículo sobre paneles elaborados con papel reciclado, cemento y yeso y su efecto en la oposición a la flexión describe la necesidad de elaborar material a bajo costo y que a su vez tenga gran oposición a la flexión, motivo por el cual se requirió el uso de elementos de desecho, a los cuales se le adicionaron cemento y arena, constituyendo un concreto, además se agregó pequeñas cantidades de yeso con el objetivo de apurar el procedimiento de fraguado y así pueda adquirir sus propiedades en el menor plazo posible. Las conclusiones mencionan que los resultados fueron óptimos, toda vez que al incrementar las cantidades de yeso se apresuró el procedimiento de fraguado de los paneles, además de la oposición a la flexión adquirida es mayor de los paneles que se localizan usualmente.

Farfán y Leonardo (2018) en su artículo sobre concreto experimental con aditivo plastificante y caucho reciclado y su efecto en la oposición a la compresión, señalan que su objetivo fue evaluar las oposiciones de compresión y flexión del concreto de  $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$  alterado con aditivo plastificante a 7, 14 y 28 días, empleando composiciones de 5, 10 y 15% de caucho reciclado. Había tres grupos experimentales, dos de los cuales contenían caucho reciclado y uno no, así como dos grupos de control. Con 5% y 10% de caucho, respectivamente, la oposición a la compresión llegó a alcanzar valores de 218,45  $\text{Kg/cm}^2$  y 212,33  $\text{Kg/cm}^2$ . En cuanto a la oposición a la flexión, el 10% de caucho podría alcanzar un máximo de 81,86  $\text{Kg/cm}^2$ . A pesar de su reducida resistencia mecánica, el caucho reciclado ha demostrado ser un gran agregado para las amalgamas de concreto. Sin embargo, la adición de un aditivo plastificante aumenta considerablemente la incorporación del caucho reciclado al hormigón hasta en un 10%. El vidrio reciclado y las oposiciones a la compresión y a la flexión del concreto se desarrollarán como conceptos pertinentes para las variables de estudio a la luz de las teorías aplicables.

Según (Rubio, 2012, p.21) el vidrio es uno de los materiales más empleados hace varias décadas debido a la versatilidad y su fácil constitución, lo cual ha generado que se constituya como uno de los materiales más utilizados para la conservación de determinados productos, puesto que es desidioso al contacto con alimentos. Este elemento no se oxida, es impenetrable a los gases, además de necesitar menor cantidad de aditivos para el mantenimiento de alimentos envasados y tiene características excelentes de firmeza y transparencia. Asimismo, es el material idóneo para reutilizar ya que puede ser lavado y desinfectado a grandes temperaturas sin perder sus propiedades en dicho procedimiento.

El ingrediente principal del vidrio es la arena, la cual es sometida a altas temperaturas convirtiéndola en vidrio, aumentando compuestos puede disminuir el punto de fusión exacto. El vidrio posee los siguientes componentes: sílice, cal limo, sosa, colorantes, aunque sus propiedades pueden variar en función a la composición que se utilice. Este elemento puede ser empleado para envasar alimentos, productos cosméticos, medicina, así como también en materiales como ventanas, vajillas, fibra óptica y adornos. La fabricación del vidrio está compuesta por las siguientes materias primas: el 35% de arena, 12% de soda, 45% de casco y 15% de caliza. Asimismo, (Benites, 2019, p.32) menciona que el vidrio reciclado como material de construcción es una opción ecológica y económica ya que es uno de los elementos más empleados actualmente. Este es uno de los elementos con mayor aprovechamiento puesto que el 100% es reciclable, reduciendo su uso la contaminación ambiental en las actividades cotidianas.

Según (Huapaya y Valdivia, 2019, p.13) el vidrio posee la siguiente clasificación: Vidrios de boro silicato: este tipo de vidrios sufren el reemplazo de la sílice por el boro para poseer un menor desarrollo, los cuales son empleados usualmente en equipos de laboratorio, hornos y foros ocasionados por la fabricación de este disminuye su ablandamiento la cual es una característica percibida a los instrumentos mencionados. Vidrios de plomo: muestra una gran capacidad de plomo ya que son empleados en ventanas, lámparas, fluorescencias, entre otros; los cuales tienen ataques por la radiación energética. Es utilizado en vidrios ópticos y decorativos.



**Vidrios sodo-cálcicos:** conforman el 90% del total de vidrio fabricado a causa de la simplicidad de lo conseguido de materias primas y su elaboración. Estos son aprovechables a vidrios planos, elementos prensados y productos que no necesitan adherir grandes resistencias químicas o de calor. Vidrio calizo: este vidrio es el más tradicional y a su vez el que se funde con mayor facilidad a causa de su composición. Está integrado especialmente por calcio y sodio, el cual es empleado para la manufacturación de vasos, ventanas, mesas, etc.

Asimismo, el vidrio tiene los siguientes componentes:

**La sílice:** es el elemento más relevante, el cual está integrado por 3/4 partes de su elaboración, obtenidas de las arenas de cuarzo.

**El óxido de sodio:** tiene como objetivo principal beneficiar la estructura del vidrio, reduciendo su temperatura de fusión y así permitir su fabricación.

**El óxido de calcio:** actúa como estabilizador haciendo que el vidrio sea más estable química y mecánicamente.

**El óxido de aluminio:** es un estabilizador que añade cualidades como una mejor estabilidad química, mayor refractariedad, menor coeficiente de dilatación y mejor resistencia térmica. También aumenta la resistencia mecánica y la refractariedad. (Palacios, 2019, p. 11)

La acción de reciclar vidrio constituye una herramienta para contribuir la conservación del medio ambiente, ya que apoya de manera directa a reducir energía, insumos y el crecimiento de vertederos. Para llevar a cabo un reciclaje idóneo es necesario seguir los siguientes pasos:

Limpia el vidrio correctamente con la finalidad de extraer todas las impurezas.

Retira el plástico que contenga, especialmente por la publicidad del empaquetado.

Lava correctamente el vidrio

Muele el vidrio a través de martillos y cernederos hasta obtener la granulometría deseada.

Emplea un recipiente con imanes para separar los restos de metal en los envases.

Derretir en un horno con una temperatura de 160° C, el cual deberá estar compuesto por vidrio reciclado y material virgen (50% de cada elemento) para

adquirir nuevos envases. (Pérez y Ordoñez, 2016, p. 6).

Por último, según (Pérez y Ordoñez, 2016, p. 8) actualmente el vidrio reciclado es un elemento limitado en cuanto a construcciones civiles, empleado especialmente en rasos, cielos, fachadas, aquellos espacios de campo estético. A su vez, es utilizado en procesos de fabricación de baldosas, como un elemento de adorno ya que visualmente es muy agradable. Cabe mencionar que algunas fábricas dedicadas al reciclaje de vidrio, como sucede en México, han instaurado el empleo de vidrio reciclado de diversos colores, en asfaltos empleados para cubrir carreteras, puesto que es un material que brinda durabilidad en el tiempo y además estética.

El concreto es la combinación de agregados, incluidos los agregados finos y gruesos, aire, agua y cemento Portland en cantidades suficientes previamente especificadas para proporcionar la resistencia requerida, según Abanto (1995, p. 43).

Chapoñan y Quispe (2017, p.10) mencionan que el concreto es la unión de diversas porciones de agua, aditivos y agregados que primigeniamente presentan una forma moldeable y plástica, la misma que luego adquiere una forma rígida y dura con propiedades resistentes y aislantes.

Sánchez (2001, p. 12) manifiesta que el concreto surge como resultado de la combinación de agua, materiales de relleno, cemento y adicionalmente aditivos que una vez endurecidos conforman una piedra rígida capaz de soportar gran compresión.

Por otro lado, Araya y Muñoz (2011, p. 3) señalan que el concreto se compone de 25% de cemento, 10% de agua y 65% de agregados, por ello la composición química del concreto obedece netamente de las cualidades de los insumos y el nivel de agua.

El concreto posee los siguientes componentes:

**Cemento:** Es un material en polvo que al mezclarse con el agua obtiene cualidades adhesivas, cohesivas y aglutinantes, las mismas que brindan propiedad de aglutinar los fragmentos minerales (agregados) formando un todo compacto (Bazán y Rojas, 2018, p.5).

Rivya (2014, p. 5) indico que el cemento es un insumo pulverizado que ostenta diversas cualidades dentro de las que se encuentran endurecer y revestir de consistencia una pasta, la misma que se forma cuando se mezcla con el agua.

**Agregado:** Se dividen en finos, gruesos y agregados para hormigón. Los agregados son partículas artificiales u orgánicas cuyas dimensiones son fijadas por los requerimientos técnicos peruanos; este agregado ocupa el 65% u 80% en la construcción del concreto. (Rivva, 2014, p.12).

**Agua:** Es empleado para hidratar el cemento con la finalidad de que este desarrolle sus propiedades de endurecimiento y ligantes, satisfaciendo la NTP 339.088 y los estándares internacionales ASTM C 109M.

De la misma forma las características del concreto en estado fresco están conformado de la siguiente manera.

**Trabajabilidad:** Cuando el concreto se encuentra en estado fresco es manipulable su trabajabilidad tanto en la elaboración como en su destino final, ya que permite su transporte, su colocación y finalmente ser compactado. Para ello, es imprescindible la cantidad de hidratación de la mezcla y contar con el equipo necesario (Abanto, 1995, p. 15).

**Consistencia:** Es la rapidez que tiene el concreto para moldearse debido a su propio peso, ello dependerá de la fluidez que exista en la mezcla ya sea la más seca o la más hidratada, por ello debe tenerse en cuenta la cantidad y forma de los agregados, su granulometría y el agua. Además, para determinar el grado de consistencia se puede realizar un ensayo de Slump test, el mismo que de acuerdo al comportamiento del concreto medirá su consistencia dentro de seca, fluida o plástica. (Almeida y Trujillo, 2017).

**Segregación:** Esta se da cuando la mezcla presenta dificultades en su trabajabilidad debido a que existe una separación entre las partículas gruesas, generando la falta de uniformidad y homogeneidad en el comportamiento del concreto (Instituto del Concreto, 1997).

**Exudación:** Se da cuando la mezcla presenta mucho agregado fino que retiene el agua, generando una separación entre la masa y el concreto ya que se sube a la superficie del concreto.

De acuerdo con (Abanto, 2009, p. 53) Una de las muchas características del hormigón endurecido es su impermeabilidad, lo cual es significativo porque con frecuencia permite añadir menos agua a la mezcla. Tras la evaporación, el agua sobrante crea agujeros y cavidades, y si están conectados, el agua puede entrar o atravesar el hormigón. La impermeabilidad del hormigón suele aumentarse añadiendo aire (pequeñas burbujas) y manteniéndolo adecuadamente durante un largo periodo de tiempo. El hormigón también debe ser lo suficientemente duradero como para soportar la intemperie, el desgaste y la actividad química a la que estará expuesto. El deshielo y la congelación pueden ser responsables de gran parte de los daños. Mejorando la impermeabilización, añadiendo entre un 2 y un 6% de aire con un agente químico o recubriendo la superficie con una capa protectora, se puede mejorar la resistencia del hormigón a esos daños. El hormigón se disuelve o daña con sustancias como ácidos inorgánicos, ácido acético, ácidos carbónicos, calcio, sal, magnesio, potasio, aluminio y sulfatos de hierro. La resistencia del hormigón es la mayor fuerza que puede soportar antes de fallar. El objetivo principal del hormigón es soportar cargas de compresión, por lo que su resistencia se emplea como indicador de calidad.

La proporción a/c es uno de los muchos elementos que, según (Paredes, 2019, p.34), afectan a la capacidad del hormigón para resistir la presión. La porción de agua en una combinación de mortero u hormigón se denomina relación agua/cemento (A/C), excluyendo cualquier agua que ya haya sido absorbida por las partículas. La cantidad y el tipo de cemento utilizado, así como su contenido, afectan directamente a la aceleración del hormigón, considerando que el componente químicamente más "activo" de la mezcla es el cemento. El porcentaje

de cemento que no se ha alterado con el agua de la mezcla incrementa a medida que sube el contenido de agua, lo que hace que la pasta se vuelva porosa al evaporarse el agua y reduce la resistencia del concreto. En la mezcla lo más importante es el cemento ya que la cantidad dentro del concreto, aumenta la resistencia.

Por otro lado, respecto a la oposición se encuentra la comprensión, la misma que según (Aspilcueta, 2015, p.21) la capacidad del concreto para soportar cargas de compresión axial sin fallar se denomina resistencia a la compresión. Al aplicar gradualmente una fuerza de compresión al hormigón, se crea esta tensión. Cuando las fuerzas internas del hormigón alcanzan un cierto nivel, ya no podrán aguantar la fuerza de compresión externa, lo que significa que el hormigón acabará por romperse.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** Aplicada

**Diseño de investigación:** experimental

El presente estudio tuvo un diseño experimental puro, debido a que la variable independiente fue manipulada intencionalmente para analizar las consecuencias de las variables dependientes.

Y el bosquejo fue el siguiente:

A1 -----(X1)	A2
A1 -----(X2)	A2
A1 -----(X3)	A2

**A1:** concreto base F'c 210kg/cm<sup>2</sup>

**A2:** concreto base F'c 210kg/cm<sup>2</sup> con adición de vidrio reciclable. (X1): vidrio reutilizado (2%)

**(X2):** vidrio reutilizado (7%)

**(X3):** vidrio reutilizado (12%)

#### 3.2. Variables y operacionalización

**Variable Independiente:**

- ✓ Vidrio reutilizado

**Variable Dependiente:**

- ✓ Resistencia a la compresión
- ✓ Resistencia a la flexión

**Operacionalización de variables**

Se muestra en el anexo 1

### 3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

#### Población:

Está representada por el número de probetas empleadas durante la investigación.

#### Muestra:

Se realizarán las siguientes pruebas:

**Tabla 01.** Grupo experimental ensayo a compresión.

PROBETAS PARA COMPRESIÓN.				
TIEMPO	MEZCLA PATRÓN	MEZCLA CON 2% DE VIDRIO	MEZCLA CON 7% DE VIDRIO	MEZCLA CON 12% DE VIDRIO
7 días	3	3	3	3
14 días	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3
Sub total	9 und	9 und	9 und	9 und

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 01 se evidencio que, del total, 36 probetas, fabricadas a base de cementos Pacasmayo Extra fuerte (Tipo I), agregados fino, agregado grueso, agua y vidrio reciclado.

**Tabla 02.** Grupo experimental ensayo a flexión.

PROBETAS PARA FLEXIÓN.				
TIEMPO	MEZCLA PATRÓN	MEZCLA CON 2% DE VIDRIO	MEZCLA CON 7% DE VIDRIO	MEZCLA CON 12% DE VIDRIO
7 días	3	3	3	3
14 días	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3
Sub total	9 und	9 und	9 und	9 und

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 01 se evidencio que, del total de 36 probetas fabricadas a base de cementos Pacasmayo Extra fuerte (Tipo I), agregados fino, agregado grueso, agua

y vidrio reciclado.

### **Muestreo:**

Se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que el grupo elegido presenta una serie de cualidades necesarias para ser incluido en la muestra. Dado que estos criterios de selección y las dimensiones de la muestra producen una gama en las partes constituyentes de la muestra.

### **Unidad de análisis:**

Para esta investigación se utilizó la capacidad de resistencia a la compresión y flexión con unidad de medida de kg/cm<sup>2</sup>.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Se utilizó como técnica la observación e Instrumentos: Guía de observación (anexo 2).

### **Técnicas de recolección de datos**

Se utilizó como técnica de recolección la observación inmediata mediante la recolección de datos, fichas de registros y normativas vigentes que regulan el buen manejo de los ensayos de laboratorio.

### **Instrumentos de recolección de datos**

Se empleó formatos para la recolección de datos sobre los ensayos realizados, siendo tales instrumentos los siguientes:

- Ficha de análisis granulométricos de agregados finos y gruesos.
- Ficha de peso unitario y vacíos de agregados.
- Ficha de peso específico de los materiales y absorción del agregado grueso.
- Ficha de peso específico de los materiales y absorción del agregado fino.
- Fichas de contenidos de humedad por secado.
- Fichas técnicas de los diseños de mezclas.
- Fichas técnicas de los reportes de las pruebas de laboratorios compresión.
- Fichas técnicas de los reportes de las pruebas de laboratorios flexión.



### 3.5. Procedimientos

En el estudio de la investigación, se trabajó con una variable independiente que será la cantidad de vidrio reciclado, para lo cual se procedió a hacer un diseño de muestra sin vidrio, adicionalmente se le agrego porcentajes de 2%, 7% y 12% de vidrio a la mezcla base con lo que se obtuvo muestras que luego se someterían a ensayos de oposición a la compresión y oposición a la flexión, siendo la variable dependiente la resistencia a la compresión y flexión de las muestras, los resultados se procesaron, utilizando hojas de cálculo en Microsoft Excel.

Para una presentar una mejor organización visual, los datos trabajados se colocaron en tablas y gráficos estadísticos.

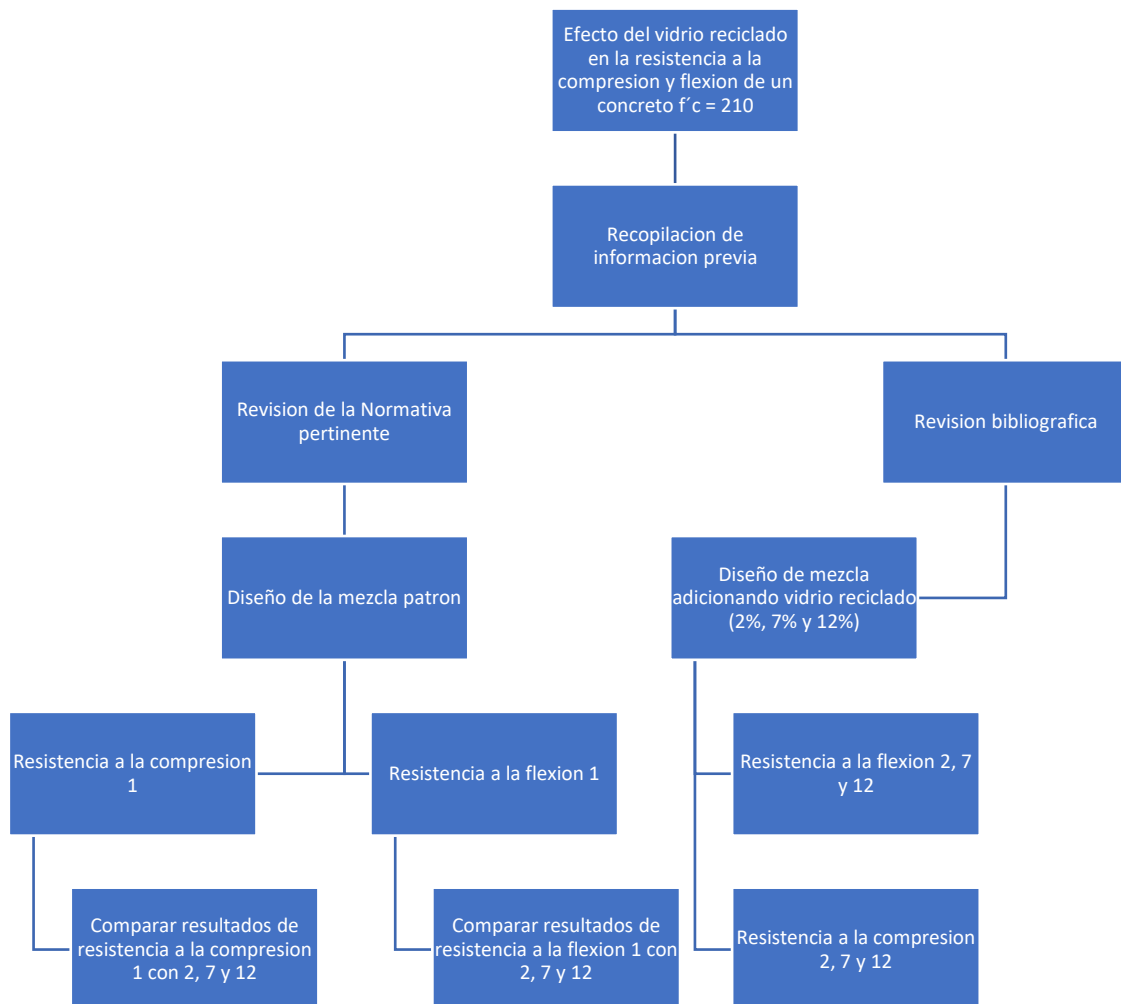


Figura 1. Procedimiento

### **3.6. Método de análisis de datos**

#### **Técnicas de análisis de datos.**

En el presente estudio se empleó la observación, visualizando directamente el efecto de las variaciones de la manipulación de la variable independiente, lo cual permitió recolectar la información necesaria, para su análisis posterior

#### **Estadística Descriptiva:**

Por ser una investigación cuantitativa se utilizó el programa Excel para el recojo de información las cuales se obtendrán a través de las guías de observación según las distintas normas como son:

- Análisis Granulométrico de agregados gruesos y finos (ASTM C-136)
- Contenido de Humedad de los agregados por secado (NTP 339.127, MTC E 108)
- Peso específico y absorción del agregado grueso (ASTM C127, NTP 400.021, MTC E 206)
- Peso específico y absorción del agregado fino (ASTM C128, NTP 400.022, MTC E 205)
- Peso unitario y vacíos de agregados (ASTM C-29)
- Diseño de Mezcla (ACI-COMITÉ 211)
- Ensayo de la resistencia a la compresión (ASTM C-39, NTP 339.034, MTC E 704)
- Ensayo de la resistencia al flexo tracción (ASTM C 78, MTC E 709, NTP 339.078, AASHTO T97)

### **3.7. Aspectos éticos**

El contenido de este proyecto será confiable ya que los parámetros fueron obtenidos empleando los ensayos pertinentes, acorde a las Normas recomendadas (método ACI, norma ASTM, Manual de ensayo de materiales del MTC, NTP), respetando los parámetros y procedimientos que estas exigen, de tal manera que los resultados sean confiables.

#### IV. RESULTADOS

Para la elaboración de esta tesis se utilizó los materiales granulares de la cantera San Martín ubicada en el distrito de Chicama, Provincia de Trujillo departamento de La Libertad.

##### Estudio de mecánica de suelos.

##### Análisis granulométrico del agregado grueso y fino.

Se ejecuto el tamizado de 2010g de material proveniente de la cantera anteriormente mencionada, los datos obtenidos se organizaron en la siguiente tabla:

**Tabla 03.** Análisis granulométrico del agregado grueso.

TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100 – 100
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	95 – 100
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	-
1/2"	12.50	947.80	47.15	47.15	52.85	25 – 60
3/8"	9.50	583.70	29.04	76.19	23.81	0 – 10
N° 4	4.75	478.50	23.81	100.00	0.00	0 - 5
FONDO		0.00	0.00	100.00	0.00	
Total		2010.00	100.0			

Fuente: Elaboración propia.

Según lo observado en la tabla 03, los datos adquiridos en el análisis granulométrico fueron los siguientes: un módulo de fineza de 7.03, tamaño máximo de 3/4" y un tamaño máximo nominal de 1/ 2".

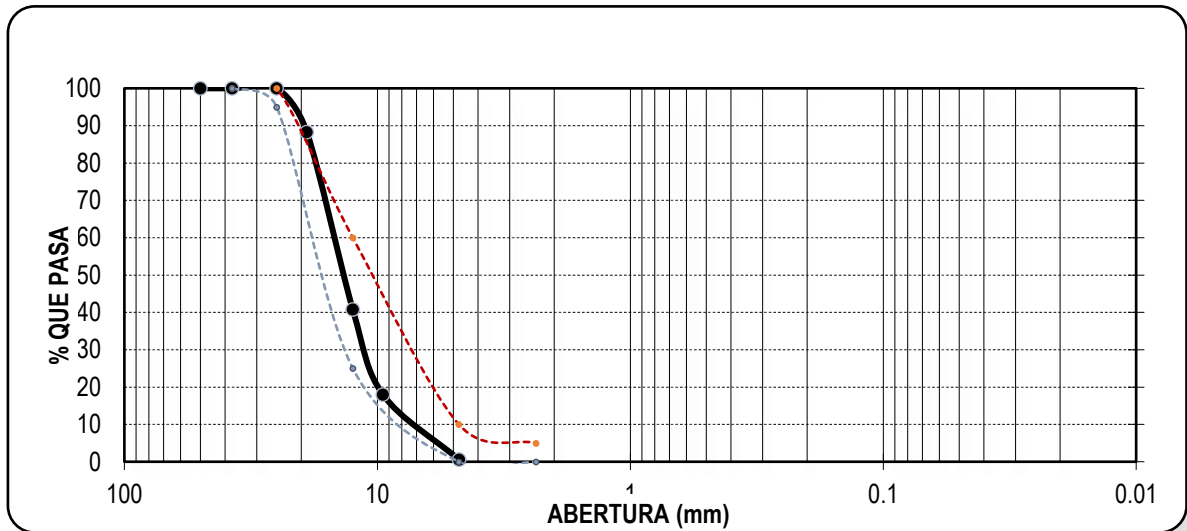


Figura 2. Análisis granulométrico del agregado grueso

La figura 2 muestra los porcentajes de agregados que pasa por las diferentes aberturas de tamices según nuestro ensayo de granulometría, en cumplimiento con las proporciones instauradas por la norma ASTM C136.

También se realizó el tamizado de 1200g de agregado fino extraído de la cantera ya mencionada, los valores que se obtuvieron se mostraran en la siguiente tabla:

**Tabla 04.** Análisis granulométrico del agregado fino.

TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIÓN
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100
No4	4.750	26.70	2.23	2.23	97.78	95 - 100
8	2.360	169.21	14.10	16.33	83.67	80 - 100
16	1.180	220.10	18.34	34.67	65.33	50 - 85
30	0.600	237.13	19.76	54.43	45.57	25 - 60
50	0.300	277.20	23.10	77.53	22.47	10 - 30
100	0.150	202.36	16.86	94.39	5.61	2 - 10
200	0.075	52.00	4.33	98.73	1.27	
FONDO		15.30	1.28	100.00	0.00	
Total		1200.00	100.0			

Fuente: Elaboración propia.

Basándonos en los resultados del estudio granulométrico que se evidencian en la tabla 04, se determinó que el módulo de finura es de 2,80, el tamaño máximo es el N°4 y el tamaño máximo nominal es el N°8.

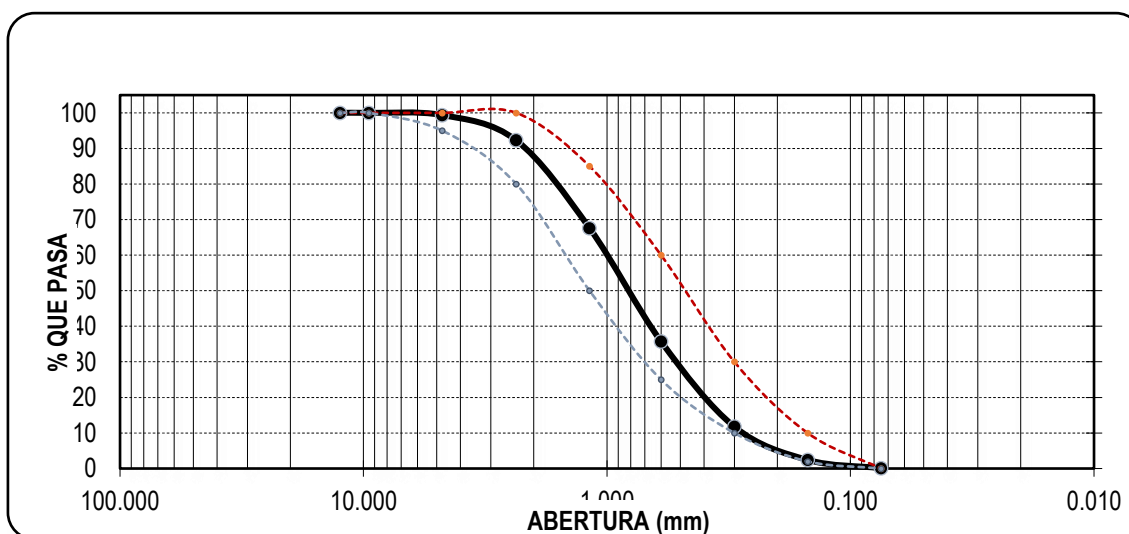


Figura 3. Análisis granulométrico del agregado fino.

Según nuestra prueba de granulometría, la gráfica evidencia las proporciones porcentuales de agregados que pasan por las distintas aberturas del tamiz, cumpliendo las normas establecidas por ASTM C136.

### Contenido de humedad

Los áridos de la cantera San Martín se utilizaron en el ensayo de contenido de humedad, que consiste en promediar los resultados para determinar la humedad presente en los materiales finos y gruesos.

**Tabla 05.** *Contenido de humedad del agregado grueso.*

TARA	1	2
Peso tara (gr)	107.10	106.30
Peso tara + mat. Húmedo (gr)	3371.80	3281.60
Peso tara + mat. Seco (gr)	3348.10	3260.10
PESO DEL AGUA (gr)	23.70	21.50
Peso de mat. Seco (gr)	3241.00	3153.80
Humedad (%)	0.73%	0.68%

Fuente: Elaboración propia.

Según los datos obtenidos del ensayo de contenido de humedad del agregado grueso, el cual se evidencia en la tabla 05, se puede asumir que el porcentaje de humedad es 0%.

**Tabla 06.** *Contenido de humedad del agregado fino.*

TARA	1	2
PESO TARA (gr)	107.10	106.30
Peso tara + mat. Húmedo (gr)	722.30	701.80
Peso tara + mat. Seco (gr)	709.60	689.50
PESO DEL AGUA (gr)	12.70	12.30
Peso de mat. Seco (gr)	607.90	583.20
Humedad (%)	2.09%	2.11%

Fuente: Elaboración propia.

Según los datos obtenidos del ensayo de contenido de humedad del agregado fino, el cual se evidencia en la tabla 06, se puede asumir que el porcentaje de humedad es 2.10%.

### **Peso específico y absorción del agregado grueso.**

La muestra se cortó en cuartos y pesó 3900 gramos. Se limpió para eliminar cualquier resto de polvo u otras impurezas, se introdujo en una cesta de acero que se sumergió en agua para determinar su peso una vez saturada, y a continuación se colocó en un recipiente metálico para hornearla durante 1 día a temperatura promedio de 100° a 110 °C. A continuación, se sacó la muestra que estuvo en el horno, se pesó y se registraron los resultados.

**Tabla 07.** *Peso específico y absorción del agregado grueso.*

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO			
Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire)	(gr)	3851.20	3750.40
Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua)	(gr)	2469.40	2381.80
Vol. de masa + vol de vacíos	(gr)	1381.80	1368.60
Peso material seco en estufa (105 °C)	(gr)	3769.70	3667.10
Vol de masa	(gr)	1300.30	1285.30
Pe bulk (Base seca)	(gr)	2.728	2.679

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a lo que se evidencia en la tabla 07, la gravedad específica de la masa saturada fue de 2,764 g/cm<sup>3</sup>, la gravedad específica aparente fue de 2,876 g/cm<sup>3</sup> y la absorción fue del 2,22% para la masa media.

### **Peso específico y absorción del agregado fino.**

La muestra de evaluación se dividió en cuatro trozos y se horneó a 110°C para ver qué ocurría. Luego, se incorporó el material en la fiola y se dejó enfriar entre una y tres horas hasta alcanzar la temperatura ambiente previo a ser sumergido en agua durante aproximadamente una hora. Por último, se vertió la sustancia en una placa metálica de la fiola y se horneó durante 24 horas a 110°C. Tras pesarla como espécimen seco, se recogieron los siguientes resultados:

**Tabla 08.** *Peso específico y absorción del agregado fino.*

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NORMA MTC E-205, NTP 400.022: AASHTO T-84)</b>			
Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire)	(gr)	500.00	500.00
Peso Frasco + agua	(gr)	692.40	691.60
Peso Frasco + agua + A	(gr)	1192.40	1191.60
Peso del Mat. + agua en el frasco	(gr)	994.90	995.80
Vol de masa + vol de vacío	(gr)	197.50	195.80
Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C)	(gr)	492.70	492.40
Vol de masa	(gr)	190.20	188.20
Pe bulk (Base seca)		2.495	2.515
Pe bulk (Base saturada) gr/cm <sup>3</sup>		2.532	2.554
Pe aparente (Base Seca) gr/cm <sup>3</sup>		2.590	2.616
porcentaje de absorción		1.48%	1.54%

Fuente: Elaboración propia.

Respecto a lo que se evidencia en la tabla 08, la gravedad específica de la masa saturada fue de 2,543 g/cm<sup>3</sup>, la gravedad específica aparente fue de 2,603 g/cm<sup>3</sup>, y la absorción fue del 1,51% para la gravedad específica de la masa media de 2,505 g/cm<sup>3</sup>.

**Peso unitario y vacío – Método suelto y compactado por apisonado**

**Método suelto para el agregado grueso y fino:**

Los siguientes datos se obtuvieron para esta investigación pesando los moldes metálicos, colocando el material fino y grueso en moldes separados, y luego pesando los resultados en la balanza electrónica:

**Tabla 09.** *Peso específico y absorción del agregado grueso.*

<b>PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO - MÉTODO SUELTO</b>				
<b>MUESTRA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de molde + muestra	(gr)	17872.90	17893.70	17922.60
Peso de molde	(gr)	5392.40	5392.40	5392.40
Peso de la muestra	(gr)	12480.50	12501.30	12530.20
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	9500.65	9500.65	9500.65
Peso unitario suelto	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.31	1.32	1.32

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 09 evidencia que se alcanzó un peso unitario seco promedio con un valor de 1.32g/cm<sup>3</sup>.



**Tabla 10.** *Peso específico y absorción del agregado fino.*

<b>PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO - MÉTODO SUELTO</b>				
<b>MUESTRA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de molde + muestra	(gr)	6974.80	6980.90	6966.40
Peso de molde	(gr)	2568.60	2568.60	2568.60
Peso de la muestra	(gr)	4406.20	4412.30	4397.80
Volumen	(cm3)	2849.99	2849.99	2849.99
Peso unitario suelto	(gr/cm3)	1.55	1.55	1.54

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 10 evidencia que se obtuvo el peso unitario seco promedio con un valor de 1.547g/cm<sup>3</sup>.

### **Método compactado por apisonado para el agregado grueso y fino**

Para este estudio se realizó el apisonamiento del agregado fino y el agregado grueso en 3 capas y en cada capa se dieron 25 golpes y posteriormente con la balanza electrónica se obtuvo su peso, y genero los siguientes resultados:

**Tabla 11.** *Peso unitario suelto y vacíos del agregado grueso.*

<b>PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO – MÉTODO COMPACTADO POR APISONADO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017).</b>				
<b>MUESTRA</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de molde + muestra	(gr)	7432.10	7438.70	7448.80
Peso de molde	(gr)	2568.60	2568.60	2568.60
Peso de la muestra	(cm3)	4863.50	4870.10	4880.20
Volumen	(gr)	2849.99	2849.99	2849.99
Peso unitario compactado	(gr/cm3)	1.71	1.71	1.71

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 11 evidencia que se obtuvo el peso unitario seco promedio con un valor de 1.54g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 12.** *Peso unitario suelto y vacíos del agregado fino.*

<b>PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO – MÉTODO COMPACTADO POR APISONADO</b>				
<b>MUESTRA</b>	(gr)	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Peso de molde + muestra	(gr)	19952.80	20123.40	20046.20
Peso de molde	(gr)	5392.40	5392.40	5392.40
Peso de la muestra	(cm3)	14560.40	14731.00	14653.80
Volumen	(gr)	9500.65	9500.65	9500.65
Peso unitario compactado	(gr/cm3)	1.53	1.55	1.54

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 12 evidencia que se obtuvo el peso unitario seco promedio con un valor de 1.71g/cm<sup>3</sup>.

### **Diseño de mezcla**

Se efectuó mediante la aplicación del método ACI Comité 211

### **Características de los materiales:**

**Tabla 13.** *Características del cemento y agua.*

<b>CEMENTO</b>		<b>AGUA</b>	
Portland	Tipo I	Norma	NTP 339.088
Peso específico	3.1 Kg/m <sup>3</sup>	Tipo	Potable
Peso volumétrico	1500 kg/m <sup>3</sup>	Peso específico	1000 kg/m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 14.** *Características del agregado grueso y el agregado fino.*

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>AGREGADO GRUESO</b>	<b>AGREGADO FINO</b>
Peso Unitario compactado seco	1542.00 Kg/m <sup>3</sup>	1709.00 Kg/m <sup>3</sup>
Peso Unitario suelto seco	1316.00 Kg/m <sup>3</sup>	1546.00 Kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2704.00 Kg/m <sup>3</sup>	2505.00 Kg/m <sup>3</sup>
Contenido de humedad	0.71 %	2.10 %
Contenido de absorción	2.22 %	1.51 %
módulo de fineza		2.8
Tamaño máximo nominal	1/2 pulg	

Fuente: Elaboración propia.

### Resistencia promedio requerida ( $F'_{cr}$ )

Debido a la ausencia de una base de datos de especímenes estándar, no se pudo medir la resistencia media requerida, por lo que la  $F'_{cr}$  se estimó utilizando la siguiente tabla 15.

**Tabla 15.** Resistencia promedio requerida.

$F'_{c}$	$F'_{CR}$
Menos de 210	$F'_{c} + 70$
210 - 350	$F'_{c} + 84$
Mayor a 350	$F'_{c} + 98$

Fuente: NTP – E060.

### Contenido de agua

Dado que se trataba de un concreto sin aire incorporado, se adquirió el contenido de agua, siendo imprescindible disponer del tamaño nominal máximo del material grueso y del asentamiento. Se localizó en la tabla 01, facilitada por el comité 211 de la ACI.

**Tabla 16.** Volumen unitario de agua.

VOLUMEN UNITARIO DE AGUA EN L/M3 PARA TAMAÑOS MÁXIMOS NOMINALES DEL AGREGADO GRUESO Y CONSISTENCIA INDICADA								
ASENTAMIENTO	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>Concreto sin aire incorporado</b>								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	-
<b>Concreto con aire incorporado</b>								
1" a 2"	181	175	168	16	150	142	122	107
3 a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	-

Fuente: Comité 211 del ACI.

La tabla 16 demuestra que la proporción unitaria de agua es de 216 l/m<sup>3</sup> para un tamaño nominal no superior a 1/2", un asentamiento no superior a 3", y por tratarse de un hormigón sin aire incorporado.

### Contenido de aire

Con apoyo de la tabla 13 del comité 211 del ACI y un tamaño máximo nominal del árido grueso de 1/2", se determinó el contenido de aire atrapado.

**Tabla 17.** *Contenido de aire atrapado.*

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL DEL AGREGADO GRUESO	AIRE ATRAPADO
3/8"	3.0%
1/2"	2.5%
3/4"	2.0%
1"	1.5%
1 1/2"	1.0%
2"	0.5%
3"	0.3%
4"	0.2%

Fuente: Comité 211 del ACI.

La tabla 17 indica que para un tamaño máximo nominal de 1/2" es de 2.5% de aire atrapado.

### Relación agua-cemento.

En cuanto a la relación agua-cemento se utilizó una función de  $F'_{cr}$ , tabla nº18.

**Tabla 18.** *Relación agua/cemento por resistencia.*

RELACIÓN AGUA/CEMENTO EN PESO		
F'CR (KG/CM2)	CONCRETO SIN AIRE INCORPORADO	CONCRETO CON AIRE INCORPORADO
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	-
450	0.38	-

Fuente: Comité 211 del ACI.

Según la tabla 18, siendo  $F'_{cr}=284 \text{ kg/cm}^2$  una cantidad que se encontró entre  $250 \text{ kg/cm}^2$  y  $300 \text{ kg/cm}^2$ , se interpolo para poder calcular la cantidad aproximado de la proporción a/c.

$$250 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----} > 0.62$$

$$284 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----} > X$$

$$300 \text{ kg/cm}^2 \text{ -----} > 0.55$$

Lo cual genero una proporción a/c de 0.555

### **Cantidad de cemento.**

En cuanto el cálculo del cemento, que era de  $389,19 \text{ kg}$ , es decir,  $9,16$  sacos de  $42,5 \text{ kg}$  cada uno, se dividió la totalidad de agua,  $2216 \text{ litros por m}^3$ , por la fórmula  $a/c=0,555$ .

### **Peso del agregado grueso.**

La tabla 19 muestra el peso de árido grueso por unidad de volumen para cada módulo de finura de árido basado en los resultados de las pruebas en seco y compactado.

**Tabla 19.** *Peso del agregado grueso por unidad del volumen del concreto.*

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL AGREGADO GRUESO	VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO, SECO Y COMPACTADO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO PARA DIVERSOS MÓDULOS DE FINEZA DEL AGREGADO FINO. (B/BO)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.46	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.7
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente: Comité 211 del ACI.

A partir de los datos obtenidos del análisis granulométrico, registramos en la Tabla 19 el tamaño máximo nominal del árido grueso, que fue de 1/2", y el módulo de finura del árido fino, que fue de 2,8.

Se obtiene un  $b/bo=0,55$ , que sumado al peso unitario del material seco y compactado resulta en un peso de 848,10 Kg.

### **Volúmenes absolutos.**

Dividiendo los pesos o medidas de cada elemento por sus pesos específicos en kilogramos por metro cúbico, se calcularon los volúmenes absolutos, dando 0,126 m<sup>3</sup> de cemento, 0,216 m<sup>3</sup> de agua, 0,314 m<sup>3</sup> de material grueso y 2% de aire, y 0,320 m<sup>3</sup> de material fino.

### **Peso del agregado fino.**

Una vez calculados el volumen total y el peso específico del material fino, se obtuvieron 800,92 kg de agregado fino.

### **Presentación del diseño del material en estado seco y corrección por humedad de los agregados.**

El peso de los áridos se multiplicó por la humedad + la unidad para tener en cuenta la humedad, obteniéndose un peso de agregados de 854.122 kg para los áridos gruesos y 817.743 kg para los agregados finos.

### **Aporte de agua a la mezcla.**

El peso de los áridos gruesos y finos, el porcentaje de absorción y el cálculo de la aportación de agua de los agregados a la combinación dieron como resultado unas aportaciones de 8.081 y 12.806 litros, respectivamente, sirviendo 224.081 litros de agua como agua efectiva.

### **Proporcionamiento del diseño de mezcla.**

Por último, pero no por ello menos importante, se calculó los pesos combinados de los elementos que componen el diseño de la mezcla para un hormigón de 210 kg/cm<sup>2</sup>, que incluye 439.914 kg de cemento, 775.380 kg de árido fino, 976.767 kg de árido grueso y 232.257 l de agua potable. Esto permitió calcular la proporción adecuada de cada ingrediente con respecto al cemento.

También se determinó qué proporción de todos ellos dependía del cemento utilizando los 232.257 litros de agua potable.

**Tabla 20.** *Diseño de mezcla para un concreto de  $F'c=280\text{kg/cm}^2$ .*

MATERIAL	PROPORCIÓN EN		% DE MEZCLA
	PESO	PESO (kg)	
Cemento	1.00	389.43	17.05%
Ag. Grueso	2.19	854.12	37.37%
Ag. Fino	2.10	817.74	35.78%
Agua	0.58	224.08	9.80%
Total, para 1 m <sup>3</sup>		2424.32	100%

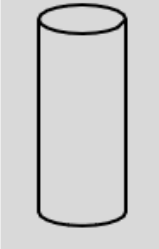
Fuente: Elaboración propia.

## Elaboración de probetas cilíndricas y prismáticas

### Medidas de los moldes cilíndricos

Respecto a la norma ASTM C39, el número mínimo de probetas para guías cilíndricas de 10x20 cm es de dos, mientras que el número mínimo para moldes cilíndricos de 15x30 cm es de tres. Es necesario respetar la proporción longitud/diámetro, que establece que la primera debe ser el doble de la segunda. Se utilizó tres probetas para el espécimen estándar y tres probetas para cada cantidad de vidrio: 2%, 7% y 12% para esta tesis. Las dimensiones de las muestras eran de 15 cm de diámetro por 30 cm de altura. En total, se crearon 30 especímenes para el ensayo de compresión.

**Tabla 21.** Dimensiones de las probetas cilíndricas.

PROBETA CILÍNDRICA		MEDIDAS	
	Diámetro		0.15 m
	Altura		0.30 m
	Vol. de la probeta		0.0053 m <sup>3</sup>
	Volumen total + (15% de desperdicio)		0.0061 m <sup>3</sup>

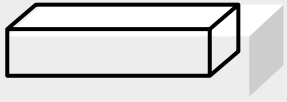
Fuente: Elaboración propia.

### Medidas de las vigas prismáticas

Para el ensayo de flexión, se utilizó vigas de 15 cm de alto, 15 cm de ancho y 60 cm de largo. Así mismo 3 especímenes para la muestra estándar y 3 especímenes para cada porcentaje de vidrio: 2%, 7% y 12%. La norma ASTM C78 especifica que la viga tiene que tener una sección transversal de 15 x 15 cm y una longitud que sea al menos 5 cm mayor que 3 veces el alto. Para el ensayo de flexión se crearon 30 vigas en total.



**Tabla 22.** Dimensiones de las vigas prismáticas.

PROBETA CILÍNDRICA	MEDIDAS	
	Ancho	0.15 m
	Altura	0.15 m
	Largo	0.60 m
	Vol. de la probeta	0.0135m <sup>3</sup>
	Volumen total + (15% de desperdicio)	0.0155m <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia.

### Dosificación del material y del vidrio.

La cantidad de mezcla se calculó para un espécimen de ensayo con un volumen de hormigón de 0,0061 m<sup>3</sup>, y los valores del peso de para cada insumo se muestran en la tabla siguiente.

**Tabla 23.** Pesos materiales de mezcla para una probeta.

MATERIAL	PESO
Cemento	1.56kg
Agregado grueso	5.47kg
Agregado fino	5.17kg
Agua	0.60Lt
Total	12.80kg

Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 23 los pesos de vidrio estuvieron en relación al peso del concreto que es 12.80kg/m<sup>3</sup>, en el siguiente cuadro se evidencio la medida de vidrio por probeta cilíndrica para los porcentajes de 2%, 7% y 12%.

**Tabla 24.** Pesos vidrio para una probeta.

PESO DEL CONCRETO	PORCENTAJES DE VIDRIO	PESO DE VIDRIO
12.80 kg	2% de vidrio	0.256 kg
	7% de vidrio	0.896 kg
	12% de vidrio	1.536 kg

Fuente: Elaboración propia.

### **Dosificación para vigas prismáticas.**

La cantidad de amalgama para una viga se calculó para un volumen de hormigón de 0,0155 m<sup>3</sup>, y las cifras correspondientes al peso de cada material que se muestran en la tabla 25.

**Tabla 25.** Pesos materiales de mezcla para una viga prismática.

MATERIAL	PESO
Cemento	3.96 kg
Agrego grueso	13.98 kg
Agregado fino	13.15 kg
Agua	1.52 Lt
Total	32.52 kg

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 25 indica los pesos de vidrio estuvieron en relación a la cantidad del concreto que es 32.52 kg, en la tabla 26 se evidencia la cantidad de vidrio por viga prismática para los porcentajes de 2%, 7% y 12%.

**Tabla 26.** Peso de vidrio para una viga prismática.

PESO DEL CONCRETO	PORCENTAJES DE VIDRIO	PESO DE VIDRIO
32.52 kg	2% de vidrio	0.650 kg
	7% de vidrio	2.276 kg
	12% de vidrio	3.903 kg

Fuente: Elaboración propia.

### **Preparación de mezcla para probetas cilíndricas y vigas prismáticas**

Tras obtener el diseño de la mezcla, se empezó a preparar el hormigón de  $F'c=210\text{kg/cm}^2$  en el laboratorio de JVC Geotechnical Consulting en Trujillo. Primero, se pesó las cantidades a utilizar para los materiales, luego se incorporó los agregados gruesos y finos, el agua y el cemento al tambor mezclador. Una vez combinados estos materiales, se procedió a agregar el vidrio gradualmente para poder distribuirlo en toda la mezcla de manera que pueda ser incluido en toda la amalgama, se recogió una muestra para la prueba de asentamiento, que, según la norma ASTM C143, especifica que el asentamiento debe ser de un mínimo de 1" y un máximo de 3". Tanto el hormigón básico, que es el hormigón sin vidrio, como el hormigón con

adiciones de 2%, 7% y 12% de vidrio se sometieron a la prueba de asentamiento.

El proceso de llenado de la muestra se describe en ASTM C31 y NTP 339.033. El hormigón se vertió en los recipientes hasta 1/3 de su altura, o en tres capas, y se compactó con una varilla 25 veces cada capa (véase la tabla 11). A continuación, se rellenaron los huecos restantes golpeando los laterales de la probeta con un martillo de goma y se enrasó la superficie.

Una vez preparadas, las probetas se desmoldaron 24 horas después, se colocaron en una piscina de curado y se sometieron a ensayos de compresión a los 7, 14 y 28 días, respectivamente.

Para las guías prismáticas, se vertió el concreto en 2 capas y se compactó con varilla 25 veces por cada capa. Estos especímenes se colocaron en la pileta de curado y, a los 7, 14 y 28 días, se sacaron y se sometieron al ensayo de flexión.

**Tabla 27.** Moldeo de especímenes por apisonado.

TIPO DE ESPÉCIMEN	NÚMERO DE CAPAS	NÚMERO DE GOLPES POR CAPA
Cilindro: Diámetro		
100 mm	2	25
150 mm	3	25
225 mm	4	50
Vigas: ancho		
150 mm a 200 mm	2	25

Fuente: Elaboración propia.

## Ensayos de las propiedades mecánicas del concreto.

### Ensayo de resistencia a la compresión

Según la norma ASTM C39, se realizó el ensayo, que consta de aplicar una carga axial a la parte superior del espécimen hasta que se rompe, lo que revela la resistencia a la compresión de la probeta.

Para este ensayo, se crearon 30 probetas -tres para cada duración de curado de 7, 14 y 28 días-, junto con la probeta estándar (sin vidrio) (véanse las tablas 28, 29 y 30). Los porcentajes de vidrio fueron del 2%, 7% y 12%.

**Tabla 28.** Ensayo de resistencia a la compresión para 7 días de muestras sin vidrio, y 2%, 7% y 12% de vidrio.

TESTIGO		FECHA		EDAD	RESISTENCIA OBTENIDA F°C
N.º	ESTRUCTURA	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	KG/CM2
01	Sin vidrio	30/04/2021	07/05/2021	7	158.29
02	Sin vidrio	30/04/2021	07/05/2021	7	155.76
03	Sin vidrio	30/04/2021	07/05/2021	7	158.01
04	2% de vidrio	08/05/2021	15/05/2021	7	158.80
05	2% de vidrio	08/05/2021	15/05/2021	7	159.54
06	2% de vidrio	08/05/2021	15/05/2021	7	159.35
07	7% de vidrio	08/05/2021	15/05/2021	7	155.88
08	7% de vidrio	08/05/2021	15/05/2021	7	157.04
09	7% de vidrio	08/05/2021	15/05/2021	7	156.09
10	12% de vidrio	08/05/2021	15/05/2021	7	150.63
11	12% de vidrio	08/05/2021	15/05/2021	7	152.02
12	12% de vidrio	08/05/2021	15/05/2021	7	152.90

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 29.** *Ensayo de resistencia a la compresión para 14 días de muestras sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio.*

N.º	TESTIGO		FECHA		EDAD	RESISTENCIA OBTENIDA F´C
	ESTRUCTURA	MOLDEO	ROTURA		DÍAS	KG/CM2
01	Sin vidrio	30/04/2021	14/05/2021		14	179.50
02	Sin vidrio	30/04/2021	14/05/2021		14	180.12
03	Sin vidrio	30/04/2021	14/05/2021		14	181.87
04	2%de vidrio	08/05/2021	22/05/2021		14	182.44
05	2%de vidrio	08/05/2021	22/05/2021		14	182.82
06	2%de vidrio	08/05/2021	22/05/2021		14	182.55
07	7%de vidrio	08/05/2021	22/05/2021		14	180.24
08	7%de vidrio	08/05/2021	22/05/2021		14	179.27
09	7% de vidrio	08/05/2021	22/05/2021		14	179.94
10	12% de vidrio	08/05/2021	22/05/2021		14	178.74
11	12% de vidrio	08/05/2021	22/05/2021		14	178.08
12	12%de vidrio	08/05/2021	22/05/2021		14	179.07

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 30.** Ensayo de resistencia a la compresión para 28 días de muestras sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio.

TESTIGO		FECHA		EDAD	RESISTENCIA OBTENIDA F °C
N.º	ESTRUCTURA	MOLDEO	ROTURA	DÍAS	KG/CM2
01	Sin vidrio	30/04/2021	28/04/2021	28	213.02
02	Sin vidrio	30/04/2021	28/04/2021	28	212.18
03	Sin vidrio	30/04/2021	28/04/2021	28	213.82
04	2%de vidrio	08/05/2021	05/06/2021	28	218.35
05	2%de vidrio	08/05/2021	05/06/2021	28	217.46
06	2%de vidrio	08/05/2021	05/06/2021	28	219.31
07	7%de vidrio	08/05/2021	05/06/2021	28	213.00
08	7%de vidrio	08/05/2021	05/06/2021	28	210.91
09	7% de vidrio	08/05/2021	05/06/2021	28	212.81
10	12% de vidrio	08/05/2021	05/06/2021	28	213.00
11	12% de vidrio	08/05/2021	05/06/2021	28	210.91
12	12%de vidrio	08/05/2021	05/06/2021	28	212.81

Fuente: Elaboración propia.

### Comparación de la resistencia a la compresión:

Se realizó la tabla 31, la cual es un resumen de las resistencias a la compresión obtenidas acorde su tiempo de curado y la adición de vidrio

**Tabla 31.** Ensayo a compresión de probetas circulares de concreto (Norma Técnica Peruana NTP339.034, ASTMc39).

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (KG/CM2)				
DÍAS	TIEMPO DE CURADO DE PROBETAS SIN VIDRIO	PROBETA CON 2% DE VIDRIO	PROBETA CON 2% DE VIDRIO	PROBETA CON 2% DE VIDRIO
7	157.35	159.23	156.33	151.85
14	180.50	182.69	179.81	178.58
28	213.00	217.90	212.24	212.24

Fuente: Elaboración propia

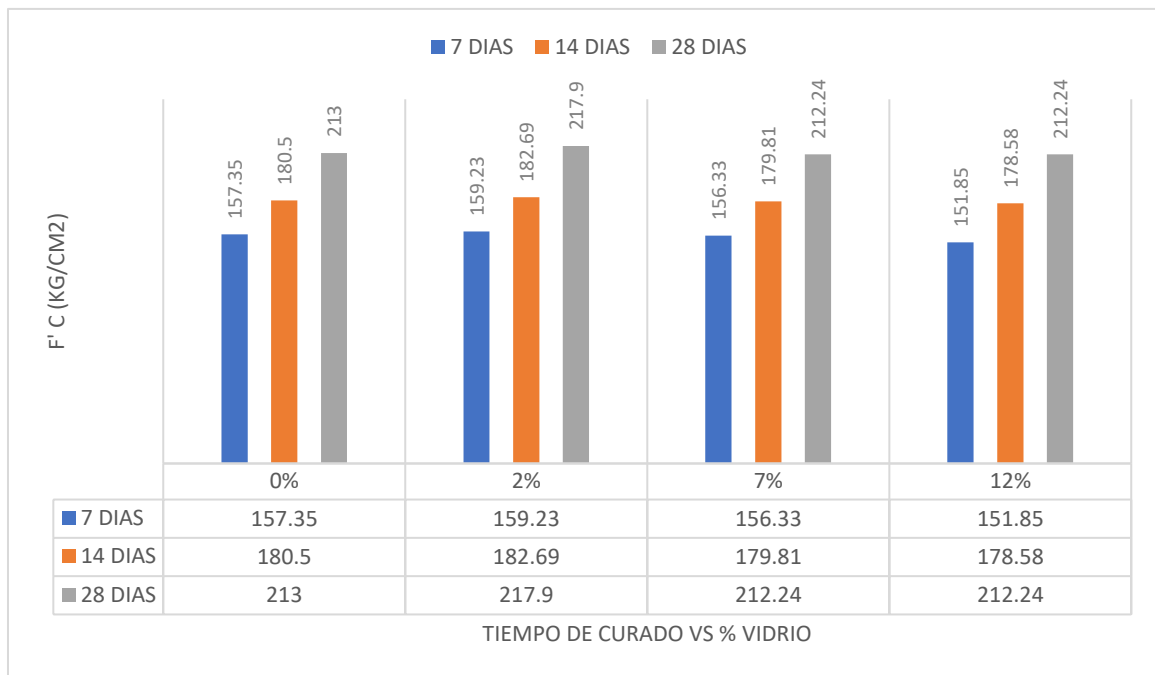


Figura 4. Comparación de la resistencia a la compresión de las probetas sin vidrio y con 2%, 7% y 12% del mismo Vs. Tiempo de curado

De la figura 4 se puede deducir que el concreto sin vidrio cumple con la norma ASTM C39 habiendo alcanzado a los 28 días una resistencia a la compresión de 213.00 kg/cm<sup>2</sup>, siendo su valor ascendente conforme aumenta el tiempo de curado. Con respecto a las mezclas a las que se les adicionó vidrio, mantienen la relación directa de aumento de resistencia conforme pasa el tiempo de curado, no obstante, se observa que el valor más alto se presenta cuando se les adiciona 2% de vidrio; a partir de allí; cuando se aumenta el % de vidrio; la resistencia disminuye; siendo los valores alcanzados de 217.90 kg/cm<sup>2</sup> con 2% de vidrio, 212.24 kg/cm<sup>2</sup> con 7% y 212.24 kg/cm<sup>2</sup> con 12% de vidrio adicionado, respectivamente

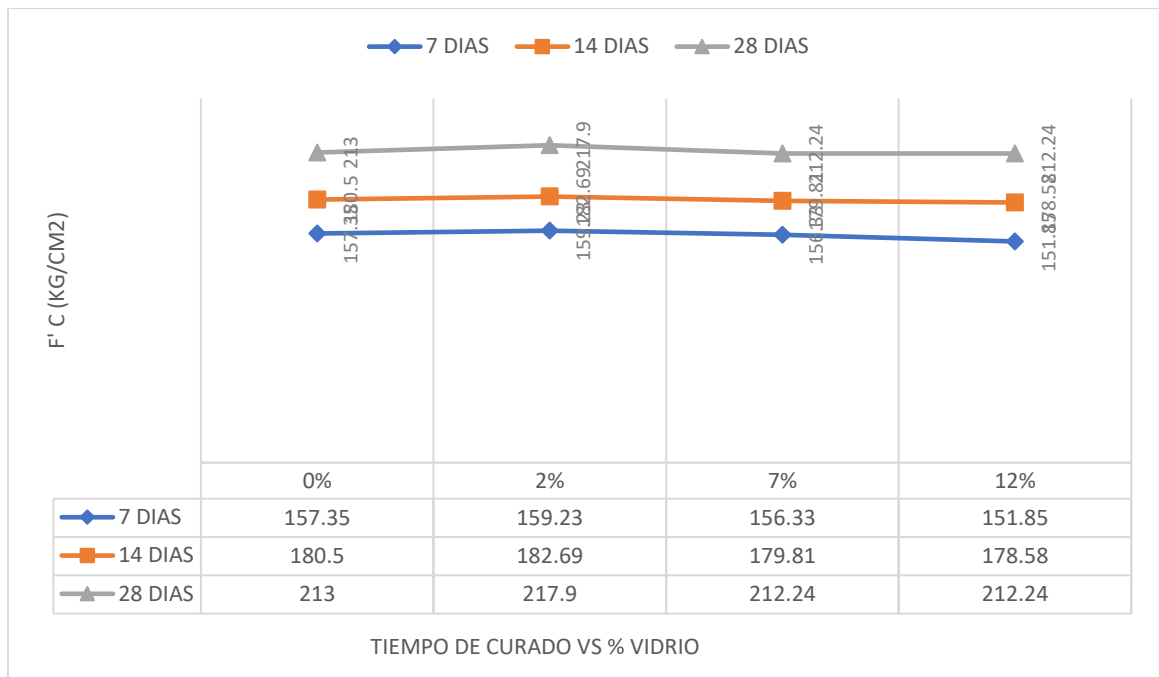


Figura 5. Comparación de resistencia a la compresión de las probetas sin vidrio y con 2%, 7% y 12% del mismo Vs. Resistencia a la compresión.

De la figura 5 se deduce como varia la resistencia de la mezcla cuando se le aumenta el % de vidrio, en diferentes tiempos de curado, se observa que en las tomas de datos a los 7,14 y 28 días según lo solicita la norma ASTM C39; en todos; la resistencia incrementa con el 2% de adición de vidrio, a partir de allí los valores disminuyen conforme aumenta el porcentaje de vidrio, los valores más importantes son los que se presentan a los 28 días; por ser los definitivos; siendo que con el 2% de vidrio se alcanza un máximo de 217.90 kg/cm<sup>2</sup>, luego disminuye a 212.24 kg/cm<sup>2</sup> y 212.24 kg/cm<sup>2</sup> con 7% y 12% respectivamente.

### Ensayo de resistencia a la flexión

Respecto a la norma ASTM C78, se realizó este ensayo, que prevé la aplicación de una carga cada tercio de la luz de la viga hasta que se produzca el fallo, con el fin de determinar el módulo de rotura (MOF).

Se crearon treinta probetas para este ensayo, tres para cada duración de curado de siete días, catorce días y veintiocho días, con porcentajes de vidrio del 2%, 7% y 12%, además de la probeta de control (sin vidrio). (Véase la tabla 32,33 y 34).



**Tabla 32.** Ensayo de resistencia a la flexión para 7 días de muestras sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio.

N°	PROBETA PRISMÁTICA	DISEÑO R. COMPRESIÓN	FECHA DE ROTURA		EDAD	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	LUZ LIBRE ENTRE APOYOS	CARGA			RESISTENCIA MR
	ELEMENTO	KG/CM2	ELABORACIÓN	ROTURA	(DÍAS)	CM	CM	CM	CM	KN	KGS	LBS	KG/CM2
1	Sin vidrio	210Kg/cm2	26/04/2021	03/05/2021	7	50.85	15.20	15.24	45.00	18.24	1859.93	4100.45	23.71
2	Sin vidrio	210Kg/cm2	26/04/2021	03/05/2021	7	50.78	15.24	15.24	45.00	18.15	1850.76	4080.22	23.53
3	Sin vidrio	210Kg/cm2	26/04/2021	03/05/2021	7	50.80	15.22	15.24	45.00	1836	1872.17	412743	2383
4	2% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	17/05/2021	7	50.80	15.20	15.24	45.00	18.57	1893.58	4174.64	24.14
5	2% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	17/05/2021	7	50.85	15.24	15.24	45.00	18.72	1908.88	4208.36	2427
6	2% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	17/05/2021	7	50.82	15.22	15.24	45.00	1836	1872.17	412743	23.83
7	7% de vidrio	210Kg/cm2	10/06/2021	17/05/2021	7	50.75	15.23	15.24	45.00	16.92	1725.33	3803.71	21.95
8	7% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	17/05/2021	7	50.80	15.20	15.24	45.00	17.25	1758.98	3877.89	2242
9	7% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	17/05/2021	7	50.84	15.24	15.24	45.00	17.09	174267	3841.92	22.16
10	12% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	17/05/2021	7	50,81	15.23	15.24	45.00	16.08	1639.68	3614.87	20.86
11	12% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	17/05/2021	7	50.84	15.20	15.24	45.00	16.85	1718.19	3787.97	2190
12	12% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	17/05/2021	7	50.80	15.24	15.24	45.00	16.59	1691.68	372952	21.51

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 33.** Ensayo de resistencia a la flexión para 14 días de muestras sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio.

N°	PROBETA PRISMÁTICA	DISEÑO R. COMPRESIÓN	FECHA DE ROTURA		EDAD	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	LUZ LIBRE ENTRE APOYOS	CARGA			RESISTENCIA MR
	ELEMENTO	KG/CM2	ELABORACIÓN	ROTURA	(DÍAS)	CM	CM	CM	CM	KN	KGS	LBS	KG/CM2
1	Sin vidrio	210Kg/cm2	26/04/2021	10/05/2021	14	50.85	15.20	15.24	4500	22.31	2274.95	5015.41	2900
2	Sin vidrio	210Kg/cm2	26/04/2021	10/05/2021	14	50.80	15.22	15.24	4500	21.92	2235.18	4927.73	28.45
3	Sin vidrio	210Kg/cm2	26/04/2021	10/05/2021	14	50.78	15.20	15.24	4500	21.60	2202.55	4855.80	28.08
4	2% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	24/05/2021	14	50.82	15.20	15.24	4500	22.13	2256.60	4974,94	28.76
5	2% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	24/05/2021	14	50.85	15.22	15.24	4500	21.87	2230.08	4916.49	28.39
6	2% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	24/05/2021	14	50.78	15.20	15.24	4500	21.98	2241.30	4941.22	28.57
7	7% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	24/05/2021	14	50.80	15.15	15.24	4500	20.14	2053.68	4527.58	2626
8	7% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	24/05/2021	14	50.82	15.23	15.24	4500	20.76	211690	4666.96	26.93
9	7% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	24/05/2021	14	50.80	15.10	15.24	4500	21.18	215972	4761.38	27.71
10	12% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	24/05/2021	14	50.78	15.15	15.24	45.00	1994	2033.28	4482.62	2600
11	12% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	24/05/2021	14	50.80	15.23	15.24	4500	19.57	1995.55	4399.44	25.39
12	12% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	24/05/2021	14	50.82	15.10	15.24	4600	20.04	204348	4505.10	26.22

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 34.** Ensayo de resistencia a la flexión para 28 días de muestras sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio.

N°	PROBETA PRISMÁTICA	DISEÑO R. COMPRESIÓN	FECHA DE ROTURA		EDAD	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	LUZ LIBRE ENTRE APOYOS	CARGA			RESISTENCIA MR
	ELEMENTO	KG/CM2	ELABORACIÓN	ROTURA	(DÍAS)	CM	CM	CM	CM	KN	KGS	LBS	KG/CM2
1	Sin vidrio	210Kg/cm2	26/04/2021	24/05/2021	28	50.84	15,20	15.24	45.00	27.48	2802.14	6177.65	35.72
2	Sin vidrio	210Kg/cm2	26/04/2021	24/05/2021	28	50.80	15.23	15.24	45.00	28.57	2913.28	6422.69	37.06
3	Sin vidrio	210Kg/cm2	26/04/2021	24/05/2021	28	50.81	15.22	15.24	45.00	27.94	2849.04	628106	3627
4	2% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	07/06/2021	28	50.85	15.20	15.24	45.00	28.74	2930.62	6460.91	37.36
5	2% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	07/06/2021	28	50.80	15.24	15.24	4500	27.91	2845.98	6274.32	36.18
6	2% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	07/06/2021	28	50.80	15.22	15.24	45.00	28.37	2892.89	637773	3683
7	7% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	07/06/2021	28	50.85	15.24	15.24	45.00	25.18	2567.60	5660.60	32.64
8	7% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	07/06/2021	28	50.80	15.20	15.24	45.00	24.87	2535.99	5590.91	32.33
9	7% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	07/06/2021	28	50.80	15.18	15.24	45.00	25.36	2585.96	570106	33.01
10	12% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	07/06/2021	28	50,85	15.24	15.24	45.00	23.98	2445.24	5390,83	31.09
11	12% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	07/06/2021	28	50.80	15.20	15.24	45.00	24.15	2462.58	5429.05	31.39
12	12% de vidrio	210Kg/cm2	10/05/2021	07/06/2021	28	50.80	15.18	15.24	45.00	24.33	2480.93	5469.51	31.67

Fuente: Elaboración propia.

## Comparación de la resistencia a la flexión

Las distintas resistencias a la flexión alcanzadas en función del periodo de curado y de la adición de vidrio se resumieron en una tabla.

**Tabla 35.** Ensayo de resistencia a la flexión de vigas prismáticas de concreto (ASTMC78, MTCE709, AASHTOT97).

MÓDULO DE ROTURA (KG/CM <sup>2</sup> )				
TIEMPO DE CURADO (DÍAS)	MUESTRA SIN VIDRIO	MUESTRA CON 2% DE VIDRIO	MUESTRA CON 7% DE VIDRIO	MUESTRA CON 12% DE VIDRIO
7	23.69	24.08	22.18	21.19
14	28.51	28.57	26.97	25.87
28	36.35	36.79	32.66	31.38

Fuente: Elaboración propia.

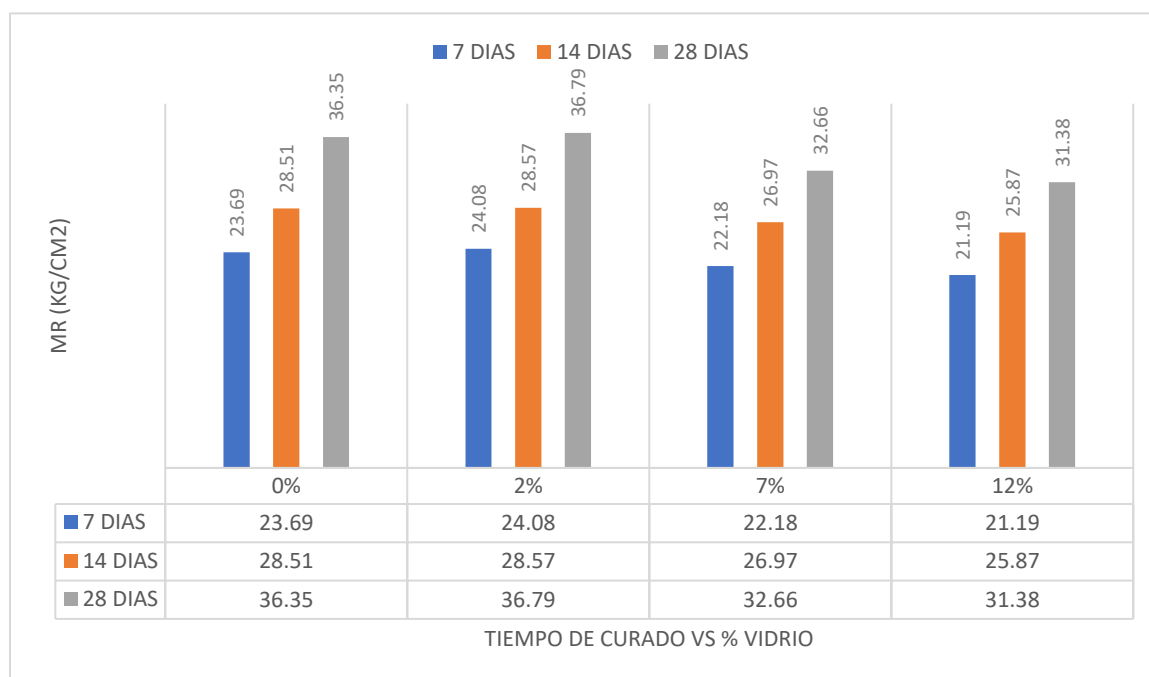


Figura 6. Comparación de la resistencia a la flexión de probetas sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio Vs. Tiempo de curado

De acuerdo a la figura 6 se puede deducir que el concreto sin vidrio cumple con la norma ASTMC39 habiendo alcanzado a los 28 días una resistencia a la flexión de 36.35 kg/cm<sup>2</sup>, siendo su valor ascendente conforme aumenta el tiempo de curado.

Con respecto a las mezclas a las que se les adicionó vidrio, mantienen la relación directa de aumento de resistencia a la flexión conforme pasa el tiempo de curado, no obstante, se observa que el valor más alto se presenta cuando se les adiciona 2% de vidrio; a partir de allí; conforme se aumenta el % de vidrio; la resistencia disminuye; siendo los valores máximos alcanzados de 36.79 kg/cm<sup>2</sup> con 2% de vidrio, 32.66/cm<sup>2</sup> con 7% y 31.38 kg/cm<sup>2</sup> con 12% de vidrio adicionado, respectivamente

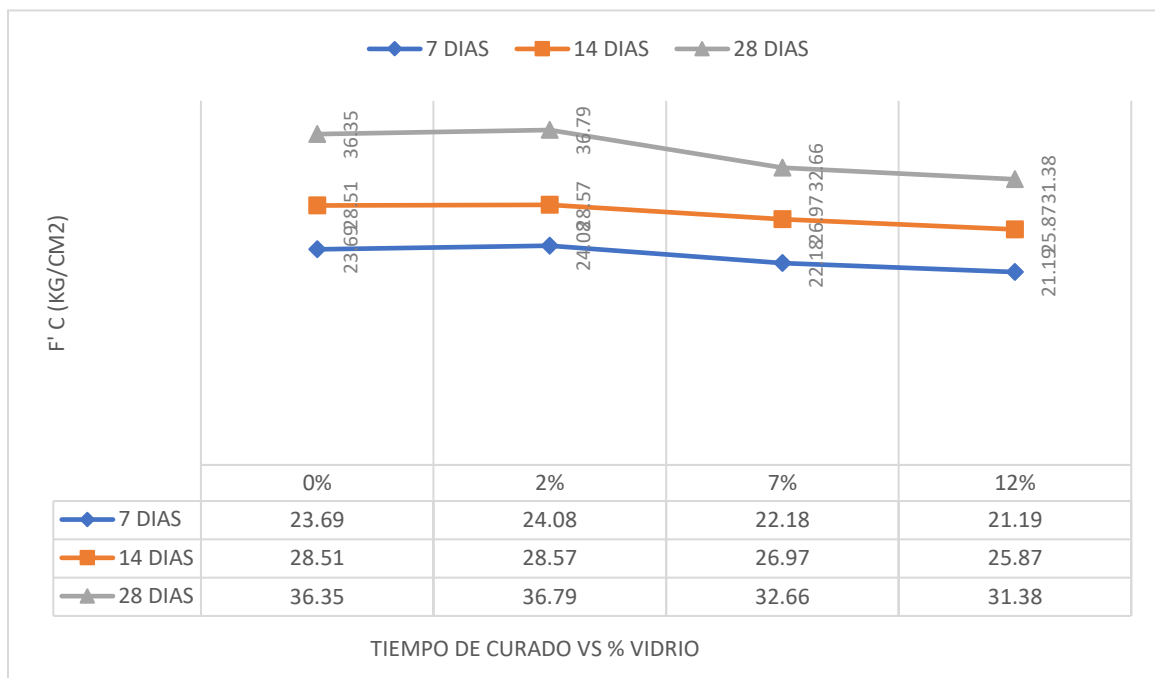


Figura 7. Comparación de la resistencia a la flexión de probetas sin vidrio y con 2%, 7% y 12% de vidrio Vs. Resistencia a la flexión

En la figura 5 se deduce como varia la resistencia a la flexión de una probeta prismática cuando a la mezcla cuando se le aumenta el % de vidrio, en diferentes tiempos de curado, se observa que en las tomas de datos a los 7,14 y 28 días según lo solicita la norma NTP339.078yMTCE709 ; en todos; la resistencia aumenta con el 2% de adición de vidrio, a partir de allí los valores disminuyen conforme aumenta el porcentaje de vidrio, los valores más importantes son los que se presentan a los 28 días; por ser los definitivos; siendo que con el 2% de vidrio se alcanza un máximo de 36.79 kg/cm<sup>2</sup>, luego disminuye a 32.66 kg/cm<sup>2</sup> y 31.28 kg/cm<sup>2</sup> con 7% y 12% respectivamente.

## V. DISCUSIÓN

Con respecto al problema planteado, de cuál es el efecto del vidrio reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de un concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, luego de analizar las pruebas de resistencia a la compresión y flexión, podemos afirmar que este varía en forma positiva con la proporción de vidrio adicionado, subiendo muy ligeramente con el 2%, para luego tender a la baja, por lo menos dentro del rango estudiado, por lo que no influye tanto, como para compensar el trabajo y riesgo adicional que toma prepararlo.

Krause (2021) en su artículo sobre la sustitución porcentual del cemento por vidrio en el mortero de concreto, tuvo como principal objetivo de investigación el analizar las resistencias a la compresión de morteros a partir de residuo de vidrio esmerilado (GLR) demostró que el tiempo de molienda no afectó significativamente la resistencia, pero el % en peso de sustitución sí lo hizo. La sustitución del 20% en peso demostró proporcionar el mejor resultado ya que era estadísticamente igual a la mezcla estándar. Coincide el presente estudio en que no afecta significativamente la resistencia de la mezcla resultante, sin embargo, encontró aplicación en la sustitución del agregado fino.

Rivera (2020) en su artículo sobre concretos reciclados analizó que al agregarle una proporción de 20% de vidrio reciclado al concreto se genera una capacidad similar a la mezcla tradicional; sin embargo, cuando la proporción de vidrio reciclado supera el 50% los resultados son inferiores a la mezcla tradicional. Asimismo, se determinó que la incorporación del vidrio presenta resistencia al esfuerzo de compresión que ronda el 210.10 Kg/Cm<sup>2</sup>. Este estudio coincide con la actual investigación en el sentido que el aumento de la resistencia es similar a la que se obtiene sin vidrio, y disminuye cuando incrementa la proporción de vidrio en la mezcla.

Sadiqul (2016) en su artículo sobre adición de polvo de vidrio reciclado como reemplazo de cemento en los morteros de concreto, señala que su principal objetivo fue obtener pequeñas partículas particulares se espera que este experimente reacciones puzolánicas con los hidratos de cemento, formando un hidrato de silicato de calcio secundario (C – S – H). por ello, evaluaron diversas propiedades químicas del vidrio transparente y de color, las pruebas de fluidez y oposición a la compresión en mortero y hormigón se llevaron a cabo agregando 0-25% de vidrio esmerilado en el que la proporción de agua a aglomerante (cemento + vidrio) se mantiene igual para todos los niveles de reemplazo. Los datos obtenidos de la prueba de oposición a la compresión indicaron que el mortero de vidrio reutilizado y el concreto dieron mejor resistencia en contraste con las muestras patrón. Esta investigación concuerda con la presente investigación en lo obtenido en el ensayo de oposición a la compresión.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se determinó, mediante los ensayos realizados, que el efecto de adicionar vidrio reciclado a una mezcla de concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, mantiene la tendencia de aumentar el valor de su resistencia inicial, conforme aumenta el tiempo de curado, tal cual se presenta en el concreto sin adición de vidrio, tanto en las pruebas de resistencia a la compresión como de flexión ( figuras 3 y 5 de los resultados), hasta 2% el efecto directo positivo es muy pequeño ( del orden del 2.3% en compresión y 1.31% a la flexión ) y para porcentajes mayores (7 y 12%) el efecto se invierte , llegando a ser menor a la resistencia de la mezcla sin vidrio.
2. El agregado grueso podría producirse con un módulo de finura de 7,03, un tamaño nominal máximo de 1/2", un tamaño máximo de 3/4", un contenido de humedad promedio de 0,71%, una gravedad específica de masa promedio de 2,704g/cm<sup>3</sup>, una gravedad específica de masa saturada promedio de 2,764g/cm<sup>3</sup>, y una gravedad específica de masa saturada promedio de 2,764g/cm<sup>3</sup> Para el árido fino se pudo alcanzar un módulo de finura de 2,80, un tamaño nominal máximo de N°4, un tamaño máximo de N°8, un porcentaje medio de humedad de 2, 10%, un peso específico medio de la masa de 2,505g/cm<sup>3</sup>, un peso específico medio de la masa saturada de 2,543g/cm<sup>3</sup>, un peso específico aparente de 2,603g/cm<sup>3</sup>, una absorción de 1,51% y un peso unitario seco medio de 1,547g/cm<sup>3</sup>, según el estudio de mecánica de suelos que se realizó sobre el material extraído de la cantera San Martín.
3. Asimismo se realizó el diseño de mezcla de un concreto de  $F'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> de una mezcla patrón y de la misma mezcla adicionada con 2%, 7% y 12% de vidrio molido, se usó método ACI (Comité 211), cemento Portland tipo I, en laboratorio se obtuvo una relación de  $a/c= 0.555$ , el diseño de mezcla final fue 389.43kg de cemento, 854.12kg de agregado grueso, 817.74kg de agregado fino, 224.08 litros de agua potable para un metro cúbico de mezcla patrón, a las que se les adicionó el 2, 7 y 12 % de vidrio en proporción a la cantidad usada en cada testigo, siendo las cantidades usadas en la probeta cilíndrica para ensayos a compresión: 1.56 kg de cemento, 5.47 kg de agregado grueso, 5.17 kg de agregado fino y 0.60 litros de agua, dando un



total de 12.80 kg por probeta, en cuanto al vidrio, 0,256 kg (2%), 0.896kg (7%) y 1.536 kg (12%). Asimismo, para la probeta prismática usada en la prueba a flexión: 3.96 kg de cemento, 13.89 kg de agregado grueso, 13.15 kg de agregado fino y 1.52 litros de agua, dando un total de 32.52kg por viga prismática, en cuanto al vidrio, 0.650 kg (2%), 2.276kg (7%) y 3.903 kg (12%).

4. Se analizaron como varían las propiedades mecánicas de resistencia a la compresión y flexión, mediante los ensayos realizados, obteniéndose que el efecto de adicionar vidrio reciclado a una mezcla de concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, respecto a su resistencia a la compresión; no guarda una relación lineal, siendo que con 2% aumenta ligeramente hasta 102.300% a los 28 días, para luego descender a 99.643% con 7 y 12 % adicionado en el mismo tiempo (figura 4 de los resultados). Se presenta el mismo patrón cuando se trata de la resistencia a la flexión donde con 2% de vidrio aumenta hasta 101.210 % a los 28 días, para luego descender a 89.848 % con 7% de vidrio y 86.327% con 12 % de vidrio (figuras 4 y 6 de los resultados). Del párrafo anterior se puede concluir que el porcentaje de mejora sería 2.3% en compresión y 1.21% en flexión, lo que no justificaría el trabajo adicional, como el aumento de riesgo al trabajar con vidrio, si solo tenemos en cuenta las resistencias a los esfuerzos de compresión y flexión. Además, hay que tener en cuenta que para porcentajes mayores estudiados (7% y 12%) la mejora disminuye, convirtiéndose en efecto negativo

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda se siga investigando el efecto de la adición de vidrio con porcentajes diferentes, para verificar si mejoran las propiedades mecánicas de la mezcla final.
2. Se recomienda que se investigue el efecto de la adición de vidrio en otras propiedades como por ejemplo la mejora a la abrasión y absorción, que son interesantes cuando se tienen en cuenta otros usos, que no sean estructurales.
3. Se debe tomar en cuenta el factor de seguridad personal, al manipular con vidrio.

## REFERENCIAS

1. ABANTO, Flavio. *Tecnología del concreto (Teoría y problemas)*, (Segunda Edición). Perú: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2019. 54 pp.
2. ABANTO, Flavio. *Tecnología del concreto*, Perú: Universidad Mayor de San Marcos, 1995.
3. Adaway, M., & Wang, Y. (2015). Recycled glass as a partial replacement for fine aggregate in structural concrete— Effects on compressive strength. *Journal Article*, 14(1), 116-122. Disponible en <http://www.ejse.org/Archives/Fulltext/2015-1/2015-1-11.pdf>
4. Araya, M., & Muñoz, F. (2011). Control de calidad del concreto estructural y del mortero de pega en vivienda [Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/download/7709/7373>
5. Alireza, K., Tuan, D., & Ailar, H. (2019). Effect of recycled glass fines on mechanical and durability properties of concrete foam in comparison with traditional cementitious fines. *Cement and Concrete Composites*, 99(1), 120-129. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.03.004>
6. Almeida, J., & Trujillo, C. (2017). Principios básicos de la construcción sostenible utilizando vidrio triturado en la elaboración de hormigones. [Tesis de pregrado]. Ecuador: Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/9820>
7. Anand, A. (2015). Effect of Recycled Glass Powder as Fine Aggregate on the Mechanical Properties of Concrete. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3(1), 1-4. Disponible en <https://www.ijert.org/research/effect-of-recycled-glass-powder-as-fine-aggregate-on-the-mechanical-properties-of->

8. Aseel, A., Muttar, K., & Aynoor, A. (2017). Study The Effect of Recycled Glass on The Mechanical Properties of Green Concrete. *Energy Procedia*, 119(1), 680-692. Disponible en [10.1016/j.egypro.2017.07.095](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.095)
9. Bazán, L., & Rojas, R. (2018). Comportamiento mecánico del concreto de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido incorporando vidrio reciclado, distrito de Moyobamba, San Martín- 2018. [Tesis de grado]. Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31624>
10. Bedoya, C., Dzul, L. (2015). El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 30(2), 99-108. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732015000200002](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732015000200002)
11. Carrillo, J., & Silva, D. (2016). Ensayos a flexión de losas de concreto sobre terreno reforzada con fibras de acero. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 17(39), 317-330. Disponible en <https://www.elsevier.es/es-revista-ingenieria-investigacion-tecnologia-104-articulo-ensayos-flexion-losas-concreto-sobre-S1405774316300178>
12. Carrillo, J., Cárdenas, J., Aperador, W. (2017). Propiedades mecánicas a flexión del concreto reforzado con fibras de acero bajo ambientes corrosivos. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 32(2), 1-14. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732017000200005](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732017000200005)
13. Cruz, J., Alonso, S., Domínguez, J., & Zitzumbo, R. (2015). Optimización de la resistencia al

atención y flexión de un compuesto de manera PET. Ingeniería, investigación y Tecnología, 16(1), 105-112. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432015000100010&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-77432015000100010&script=sci_abstract&tlng=es)

14. Chapañan, J. & Quispes, J. (2017). Análisis del comportamiento en las propiedades del concreto hidráulico para el diseño de pavimentos rígidos adicionando fibras de polipropileno en el A.A.H. H. Villamaría-Nuevo Chimbote. [Tesis de pregrado], Perú: Universidad Nacional de Santa. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2724>
15. Dabiri, H., Kazem, M., Kavyani, A., & Baghdadi, M. (2018). The Influence of Replacing Sand with Waste Glass Particle on the Physical and Mechanical Parameters of Concrete. *Civil Engineering Journal*, 4(7), 1. Disponible en 10.28991/cej-03091101
16. Díaz, S., & Gonzales, R. (2019). Análisis comparativo de la resistencia a compresión de un concreto convencional utilizando muestras cilíndricas y cúbicas. *Revista Ingeniería, ciencia, tecnología e innovación*, 4(2), 12-18. Disponible en <http://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/737>
17. Farfán, M., Pinedo, D., Araujo, J., Orbegoso, J. (2018). Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto. *Gaceta técnica*, 20(2), 4-13. Disponible en <https://biblat.unam.mx/hevila/Gacetatecnica/2019/vol20/no2/2.pdf>
18. Farfán, M., Leonardo, E. (2018). Caucho reciclado en la resistencia a la resistencia y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante. *Rev. Ingeniería de construcción*, 33(3), 241-150. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732018000300241](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732018000300241)

19. Farfán, M., Pinedo, D., Araujo, J., & Orbegoso, J. (2018). Fibras de acero en la resistencia a la compresión del concreto. *Artículos de investigación*, 20(2), 1. Disponible en <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/148/148738001/html/index.html>
20. Franco, D., Pérez, E., Cruz, R. (2013). Uso de metacaolín, vidrio reciclado y fibra óptica en la elaboración de un concreto translúcido. *Dialnet*, 10(2), 158-166. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4991568>
21. 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 cerámica y vidrio*. 57(6), 257-265. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2018.03.001>
22. García, R., & Silva, M. (2020). Evaluación de adoquines que contienen agregados de cantera y vidrio reciclado. *Ciencia Norandina*, 3(2): 123-132. Disponible en <https://doi.org/10.37518/2663-6360X2020v3n2p123>
23. Gerges, N., Camille, I., Samer, F., Jacques, J., & Aiman, Y. (2018). Recycled Glass Concrete: Coarse and Fine Aggregates. *EJERS, journal of engineering and technology research*, 3(1) 1. Disponible en <https://doi.org/10.24018/ejers.2018.3.1.533>
24. García, J., Núñez, A., Torres, N., & Fernández, J. (2019). Effect of FC3R on the Properties of Ultra-High Performance Concrete with Recycled Glass. *DYNA*, 86(211), 1-10. Disponible en <https://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.79596>.
25. Gonzales, Y., Rodríguez, L., Crespo, R., & Columbié, L. (2019). Evaluación del uso de vidrio reciclado en la producción de hormigones cubanos. *Minería y geología*, 36(2): 1-16. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1993-80122020000200218&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1993-80122020000200218&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

26. Guo, P., Meng, W., Nasif, H., Gou, H., & Bao, Y. (2020). New perspectives on recycling waste glass in manufacturing concrete for sustainable civil infrastructure. *Construction and Building Materials*, 257(1) Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119579>
27. Hamid, R., & Zubir, M. (2015). Bending properties of reinforced recycled glass concrete beam. Disponible en <https://www.scientific.net/MSF.803.325>
28. Huapaya, D., & Valdivia, J. (2021). Uso de vidrio reciclado como adición en la elaboración de concreto para obras portuarias. [Tesis de pregrado]. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628257/Huapaya\\_TD.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/628257/Huapaya_TD.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
29. Krause, R., Piovesan, J., Fonseca, B., & Bica, A. (2021). Partial replacement of Portland cement with industrial glass waste in mortars. *IBRACON de estruturas e materiais*, 14(2):2-12 Disponible en <https://doi.org/10.1590/s1983-41952021000200014>
30. Mahmoud, S., Tarrad, M., (2018). Beneficial role of glass wastes in concrete – a review. *Journal of engineering and sustainable*. 22(2), 1-8 Disponible en [10.31272/jeasd.2018.2.75](https://doi.org/10.31272/jeasd.2018.2.75)
31. Magno, C., Chavarría, L., Valencia, A., & Preyra, E. (2020). Hormigón reforzado con vidrio molido para controlar grietas y fisuras por contracción plástica. *Revista de producción, ciencia e investigación*, 4(31). 31-41 Disponible en <http://www.journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/230/320>
32. Moreno, E., Solís, R., Varela, J., & Gómez, M. (2016). Resistencia a tensión del concreto elaborado con agregado calizo de alta absorción. *Concreto y cemento*. 8(1), 35-45 Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/3612/361249728003.pdf>

33. Mosqueira, M. (2019). Variación de la resistencia a la flexión de vigas de concreto armado a ser reforzadas con láminas de fibras de carbono. *Rev. Ciencia y tecnología*, 15(4), 1 Disponible en <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2663>
34. MUNAWIR, Asad. (2017). On the review of glass reinforced concrete. *Engineering and technology*, 14(5), 196-202 Disponible en 10.19026/reset.14.4289
35. Norma Técnica Nacional ITINTEC 339.088.-  
Aguaparamorteros y hormigones de Cemento Portland. Requisitos-Lima 1982.
36. Norma Técnica Peruana 339.088 (2006), AGREGADOS. Especificaciones normativas para agregados en concreto. Lima, Perú.
37. Norma Técnica Peruana 400.012 (2001), AGREGADOS. Análisis granulométrico de agregado fino, grueso y global. Lima, Perú.
38. Norma Técnica Peruana 400.016 (2011), AGREGADOS. Determinación de la inalterabilidad de agregados por medio de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Lima, Perú.
39. Norma Técnica Peruana 400.017 (2011), AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (Peso Unitario) y los vacíos en los agregados. Lima, Perú.
40. Norma Técnica Peruana 400.019 (2002), AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles. Lima, Perú.
41. Norma Técnica Peruana 400.021 (2002), AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso. Lima, Perú.



42. Norma Técnica Peruana 400.022(2002), AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para pesos específicos y absorción del agregado fino. Lima, Perú.
43. Norma Técnica Peruana 400.037(2014), AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto. Lima, Perú.
44. Ospina, S., López, L., Carillo, J., & Diaz, L. (2016). Afectación de la resistencia a la flexión en concretos modificados con reciclado de concreto. *Infraestructura vial, digital*, 18(31), 31 Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/27759>
45. Palacios, L. (2019). Determinación del comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido, utilizando vidrio molido como sustituto parcial del agregado fino. [Tesis de pregrado]. El Salvador: Universidad de El Salvador. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20160/1/Determinaci%C3%B3n%20del%20comportamiento%20de%20concreto%20en%20estado%20fresco%20y%20endurecido%20utilizando%20vidrio%20molido%20como%20sustituto%20parcial%20del%20agregado%20fino.pdf>
46. Paredes, A. (2019). Análisis de la resistencia a la compresión del concreto  $F'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de vidrio reciclado molido. [Tesis de grado] Perú: Universidad Nacional de San Martín, <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/3339>
47. Pérez, J., Ordoñez, J., & Plaza, A. (2016). Uso del vidrio reciclado como agregado fino en morteros de pega para uso en viviendas de mampostería estructural. [Tesis de pregrado] Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. <http://vitela.javerianacali.edu.co/handle/11522/7431>
48. Poveda, R., Granja, M., Hidalgo, D., Ávila, C. (2015). Análisis de la influencia del vidrio molido sobre la resistencia al desgaste en adoquines de hormigón tipo A. *Revista Politécnica*, 35(3), 65 Disponible en [https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/413](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/413)

49. Powezka, A., Szulej, J., & Ogrodnik, P. (2020). Reuse of Heat Resistant Glass in Cement Composites Subjected to Thermal Load. *Materials*, 13(19), 4434. Disponible en [10.3390/ma13194434](https://doi.org/10.3390/ma13194434)
50. Rahma, A., Nabilel SSA, S. (2017). Effect of glass powder on the compression strength and the workability of concrete. *Cogent Engineering*, 4(1), 1. Disponible en [10.1080/23311916.2017.1373415](https://doi.org/10.1080/23311916.2017.1373415)
51. Rivera, E., Guerrero, R., Espinoza, P., Millon, G., & Áreas, E. (2020). Concretos reciclados, posibilidades de investigación desde el pregrado. *Arquitectura*, 5(9), 28-39. Disponible en <https://doi.org/10.5377/arquitectura.v9i5.9918>
52. Reyes, L., Araujo, D., Guerra, M., Narciso, D., & Narciso, L. (2018). Resistencia a la flexión de paneles elaborados con papel reciclado, cemento y yeso. *Rev. Deciencia y tecnología*, 1(1), 1. Disponible en <https://revista.uct.edu.pe/index.php/science/article/view/27>
53. Rodríguez, C., Rodríguez, E. (2016). Influencia de la resistencia a compresión del hormigón en los elementos sometidos a flexión simple. *Rev. Arquitectura e Ingeniería*, 10(3), 1-8. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193949520005.pdf>
54. Rodríguez, M. & Ruiz, M. (2016). Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio. *Revista de la facultad de ciencias exactas, físicas y matemáticas*, 3(2), 53-60. Disponible en <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/13637>
55. Rubio, O. (2012). Creación de una empresa de reciclaje de vidrio mundocrystal. [Tesis de pregrado] Colombia: Universidad Ean, 2012.

56. Sadiqul, G., Rahman, M., & Kazi, N. (2017). Wasteglass powder as partial replacement of cement for sustainable concrete practice. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(1), 37-44. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ijbsbe.2016.10.005>
57. Sánchez de Guzmán, Diego. *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogotá: Bhandar Editor es, 2001.
58. Tamanna, N., & Tuladhar, R. (2020). Sustainable Use of Recycled Glass Powder as Cement Replacement in Concrete. Disponible en <https://www.benthamopen.com/contents/pdf/TOWMJ/TOWMJ-13-1.pdf>
59. TREZZA, M., RAHHAL, V. Comportamiento del residuo de vidrio molido en cemento: estudio comparativo con microsilice. *Materia (Rio, de Janeiro)* 23(1), 1-9. Disponible en [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-70762018000100430](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762018000100430)
60. Ureña, M. & Alvarado, G. (2018). Efecto del tiempo de exposición al fuego en la resistencia a flexión de vigas de hormigón armado. *Gaceta Técnica*, 19(2), 7-18. Disponible en <https://revistas.uclave.org/index.php/gt/article/view/1133>
61. Vandevyvere, B., Sierens, Z., Vestyn, E., Vandewalle, L., & Li, J. (2019). Effect of Glass Fibres on the Mechanical Behaviour of Concrete with Recycled Concrete Aggregates (RCAs). Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/290/1/012036/pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Operacionalización de la variable.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente Vidrio reciclado	Mediante la trituración del vidrio se obtiene el vidrio reciclado en polvo o en partículas pequeñas que tiene diferentes aplicaciones en la composición de materiales de la construcción	Material que será evaluado y caracterizado según normas técnicas peruanas para determinar el efecto que tiene el uso de este material en el diseño de un hormigón translúcido.	Porcentaje Dosificación de la fibra de vidrio (%volumen)	2%deagregado 7%deagregado 12%deagregado	Nominal
VD. (1) Resistencia a la compresión	Es un bloque de concreto que tiene la capacidad de aguantar cargas vivas o muertas, está combinado por cemento portland agregado grueso y agua.	Es el producto del diseño de mezcla en el que se utilizará para soportar el peso de cargas vivas o muertas Rotura de especímenes de concreto.	Kg/cm <sup>2</sup>	Rotura de especímenes de concreto.  7días 14días 28días	continua
VD. (2) Resistencia a la flexión.	El concreto es un material premezclado de resistencia controlada, esta mezcla está Compuesta por cemento, grava, arena, agua y aditivos, con resistencia a la flexión. Donde la resistencia a la flexión es una medida de la resistencia a la Tracción Del Concreto. Neville & Brooks (1998).	Las propiedades del concreto se determinarán mediante análisis y pruebas con equipos de laboratorio y se elabora en base a parámetros obtenidos mediante las normas técnicas estandarizadas: Ensayo de resistencia a la flexión	N/mm <sup>2</sup>  Efecto en la Resistencia a compresión y flexión	Rotura de especímenes de concreto.  28Dias	continua

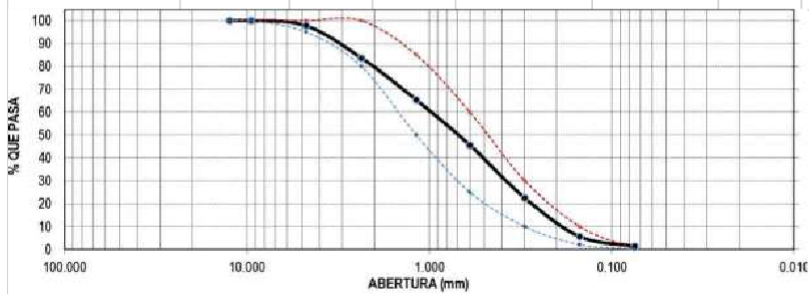
## Anexo 2. Guías de observación

<b>TÉCNICAS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>FUENTES</b>
Análisis físico y mecánico del agregado fino	Formatos de ensayo de laboratorio	- Norma Técnica Peruana -ASTM
Elaboración del diseño de Mezcla	Formatos de ensayo de laboratorio	-ACI318
Determinación de “resistencia a la compresión del concreto”	Formatos de ensayo de laboratorio	Norma Técnica Peruana
Determinación de “resistencia a la flexión del concreto”	Formatos de ensayo de laboratorio	-ACI318
Trabajo de gabinete	Material y equipo de oficina	Información adquirida

### Anexo 3. Análisis granulométrico de agregado fino : arena gruesa

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADO FINO							
NTP 400.012 / MTC E 204							
PROYECTO :	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_{cc}=210\text{kg/cm}^2$ "						
SOLICITANTE :	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR						
UBICACIÓN :	TRUJILLO - LA LIBERTAD						
FECHA :	05 DE MAYO DE 2021						
DATOS DEL ENSAYO							
MUESTRA :	CANTERA SAN MARTIN - CHICAMA						
MATERIAL :	ARENA	PROFUNDIDAD	--- m	COORDENADA UTM :	E : --- N : ---		
PROGRESIVA :	----						
Tamices ASTM	Abertura en mm.	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% que Pasa	Especificación NTP 400.037	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  Peso de inicial seco : 1200.00 gr Peso lavado seco : --- gr Peso Material que pasa #200 : 15.30 gr  TAMAÑO MÁXIMO : 3/8" MODULO DE FINEZA : 2.80
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
No4	4.750	26.70	2.23	2.23	97.78	95 - 100	
8	2.360	169.21	14.10	16.33	83.67	80 - 100	
16	1.180	220.10	18.34	34.67	65.33	50 - 85	
30	0.600	237.13	19.76	54.43	45.57	25 - 60	
50	0.300	277.20	23.10	77.53	22.47	10 - 30	
100	0.150	202.36	16.86	94.39	5.61	2 - 10	
200	0.075	52.00	4.33	98.73	1.27		
FONDO		15.30	1.28	100.00	0.00		
Total		1200.00	100.0				

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



ENSAYOS DE AGREGADOS HUMEDAD Y GRAVEDAD ESPECÍFICA				
PROYECTO:	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "			
SOLICITANTE:	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR			
UBICACIÓN:	TRUJILLO - LA LIBERTAD			
FECHA: v	05 DE MAYO DE 2021			
DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA:	CANTERA SAN MARTIN - CHICAMA			
MATERIAL:	ARENA	PROFUNDIDAD	---- m	COORDENADA UTM: E : ---- N : ----
PROGRESIVA:	----			
CONTENIDO DE HUMEDAD				
NTP 339.185				
TARA	1	2	3	
Peso tara (gr)	101.70	106.30		
Peso tara + Material húmedo (gr)	722.30	701.80		
Peso tara + Material seco (gr)	709.60	689.50		
Peso del agua (gr)	12.70	12.30		
Peso de material seco (gr)	607.90	583.20		
Humedad %	2.09%	2.11%		

ENSAYOS DE AGREGADOS HUMEDAD Y GRAVEDAD ESPECÍFICA				
PROYECTO:	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "			
SOLICITANTE:	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR			
UBICACIÓN:	TRUJILLO - LA LIBERTAD			
FECHA: v	05 DE MAYO DE 2021			
DATOS DEL ENSAYO				
MUESTRA:	CANTERA SAN MARTIN - CHICAMA			
MATERIAL:	ARENA	PROFUNDIDAD	---- m	COORDENADA UTM : E : ---- N : ----
PROGRESIVA:	----			
CONTENIDO DE HUMEDAD				
NTP 339.185				
TARA	1	2	3	
Peso tara (gr)	101.70	106.30		
Peso tara + Material húmedo (gr)	722.30	701.80		
Peso tara + Material seco (gr)	709.60	689.50		
Peso del agua (gr)	12.70	12.30		
Peso de material seco (gr)	607.90	583.20		
Humedad %	2.09%	2.11%		

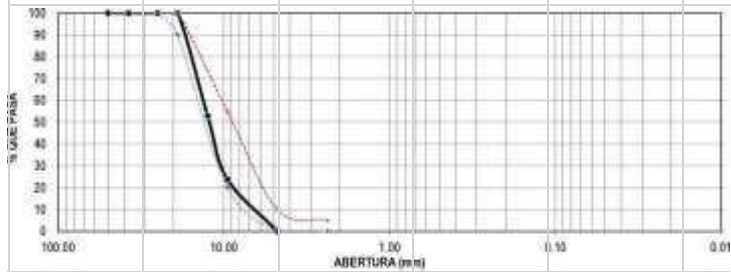
PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO					
PROYECTO:	"EFECTO DEL VIDRIO REICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "				
SOLICITANTE :	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR				
UBICACIÓN:	TRUJILLO - LA LIBERTAD				
FECHA: v	05 DE MAYO DE 2021				
DATOS DEL ENSAYO					
MUESTRA:	CANTERA SAN MARTIN - CHICAMA				
MATERIAL:	ARENA	PROFUNDIDAD	---- m	COORDENADA UTM:	E : ---- N : ----
PROGRESIVA:	----				
$r$	PESO UNITARIO SUELTO				
				Peso Molde:	2568.60 gr
				Volumen Molde:	2849.990 cm3
Muestra		1	2	3	
Peso de molde + muestra	(gr)	6974.80	6980.90	6966.40	
Peso de molde	(gr)	2568.60	2568.60	2568.60	
Peso de la muestra	(gr)	4406.20	4412.30	4397.80	
Volumen	(cm3)	2849.99	2849.99	2849.99	
Peso unitario suelto	(gr/cm3)	1.55	1.55	1.54	)
$r$	PESO UNITARIO				
				Peso Molde:	2568.60 gr
				Volumen Molde:	2849.990 cm3
Muestra		1	2	3	
Peso de molde + muestra	(gr)	7432.10	7438.70	7448.80	
Peso de molde	(gr)	2568.60	2568.60	2568.60	
Peso de la muestra	(gr)	4863.50	4870.10	4880.20	
Volumen	(cm3)	2849.99	2849.99	2849.99	
Peso unitario compactado	(gr/cm3)	1.71	1.71	1.71	)
V					
PESO UNITARIO AGREGADO FINO					
PESO UNITARIO SUELTO	1.55 gr/cm3	1546 kg/m3			
PESO UNITARIO COMPACTADO	1.71 ar/cm3	1709 kg/m3			



## Anexo 4. Análisis granulométrico de agregado grueso: gravilla

NTP 400.012 / MTC E 204							
PROYECTO:	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "						
SOLICITANTE:	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR						
UBICACIÓN:	TRUJILLO - LA LIBERTAD						
FECHA:	05 DE MAYO DE 2021						
DATOS DEL ENSAYO							
MUESTRA:	CANTERA SAN MARTIN						
MATERIAL:	PIEDRA	PROFUNDIDAD:	---- m	COORDENADA UTM:	E:---- N:----		
PROGRESIVA:	----						
Tamices	Abertura	Peso	%Retenido	%Retenido	% que	Especificación	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA  Peso de inicial seco: 2010.00 gr TAMAÑO MÁXIMO: 3/4" TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL: 1/2" HUSO 67 ASTM 33
ASTM	en mm.	Retenido	Parcial	Acumulado	Pasa		
2"	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100	
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100	
3/4"	19.00	0.00	0.00	0.00	100.00	-	
1/2"	12.50	947.80	47.15	47.15	52.85	25 - 60	
3/8"	9.50	583.70	29.04	76.19	23.81	0 - 10	
N° 4	4.75	478.50	23.81	100.00	0.00	0-5	
FONDO		0.00	0.00	100.00	0.00		
Total		2010.00	100.0				

### CURVA GRANULOMETRICA



ENSAYOS DE AGREGADOS: CONTENIDO DE HUMEDAD Y GRAVEDAD ESPECÍFICA					
PROYECTO :	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "				
SOLICITANTE :	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR				
UBICACIÓN :	TRUJILLO - LA LIBERTAD				
FECHA : V	05 DE MAYO DE 2021				
DATOS DEL ENSAYO					
MUESTRA :	CANTERA SAN MARTIN				
MATERIAL :	PIEDRA	PROFUNDIDAD :	---- m	COORDENADA UTM :	E : ---- N : ----
PROGRESIVA :	----				
CONTENIDO DE HUMEDAD					
NTP 339.185					
TARA	1	2	3		
Peso tara (gr)	107.10	106.30			
Peso tara + Material húmedo (gr)	3371.80	3281.60			
Peso tara + Material seco (gr)	3348.10	3260.10			
Peso del agua (gr)	23.70	21.50			
Peso de material seco (gr)	3241.00	3153.80			
Humedad %	0.73%	0.68%			
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESO					
(NORMA MTC E-206, NTP 400.021: AASHTO T-85)					
Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En A(gr)		3851.20	3750.40		
Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En A(gr)		2469.40	2381.80		
Vol. de masa + vol de vacíos (gr)		1381.80	1368.60		
Peso material seco en estufa (gr)		3769.70	3667.10		
Vol de masa (gr)		1300.30	1285.30		
Pe bulk ( Base seca )		2.728	2.679		
Pe bulk ( Base saturada )		2.787	2.740		
Pe aparente ( Base Seca )		2.899	2.853		
Porcentaje de absorción		2.16%	2.27%		
RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL					
CONTENIDO DE HUMEDAD%	0.71%				
Pe bulk ( Base seca )	2.704				
Pe bulk ( Base saturada )	2.764				
Pe aparente ( Base Seca )	2.876				
Porcentaje de absorción	2.22%				

PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO AGREGADO FINO					
PROYECTO :	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "				
SOLICITANTE :	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR				
UBICACIÓN :	TRUJILLO - LA LIBERTAD				
FECHA : v	05 DE MAYO DE 2021				
DATOS DEL ENSAYO					
MUESTRA :	CANTERA SAN MARTIN				
MATERIAL :	PIEDRA	PROFUNDIDAD :	---- m	COORDENADA UTM :	E : ---- N : ---
PROGRESIVA :	----				
PESO UNITARIO SUELTO AGREGADO GRUESO (ASTM D					
				Peso Molde :	5392.40 gr
				Volumen Molde :	9500.645 cm <sup>3</sup>
Muestra		1	2	3	
Peso de molde + muestra	(gr)	17872.90	17893.70	17922.60	
Peso de molde	(gr)	5392.40	5392.40	5392.40	
Peso de la muestra	(gr)	12480.50	12501.30	12530.20	
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	9500.65	9500.65	9500.65	
Peso unitario suelto	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.31	1.32	1.32	
PESO UNITARIO COMPACTADO AGREGADO GRUESO (ASTM D 2216, MTC E 203, NTP 400.017)					
				Peso Molde :	5392.40 gr
				Volumen Molde :	9500.645 cm <sup>3</sup>
Muestra		1	2	3	
Peso de molde + muestra	(gr)	19952.80	20123.40	20046.20	
Peso de molde	(gr)	5392.40	5392.40	5392.40	
Peso de la muestra	(gr)	14560.40	14731.00	14653.80	
Volumen	(cm <sup>3</sup> )	9500.65	9500.65	9500.65	
Peso unitario compactado	(gr/cm <sup>3</sup> )	1.53	1.55	1.54	
PESO UNITARIO AGREGADO GRUESO					
PESO UNITARIO SUELTO	1.32 gr/cm <sup>3</sup>	1316 kg/m <sup>3</sup>			
PESO UNITARIO COMPACT	A 1.54 ar/cm <sup>3</sup>	1542 kg/m <sup>3</sup>			

## Anexo 5. Diseño de mezclas

DISEÑO DE MEZCLAS METODO DEL COMITÉ 211 DEL ACI					
<b>PROYECTO :</b>	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "				
<b>SOLICITANTE :</b>	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR				
<b>UBICACIÓN :</b>	TRUJILLO - LA LIBERTAD				
<b>FECHA :</b>	05 DE MAYO DE 2021				
<b>DATOS DE CANTERA</b>					
CANTERA AGREGADO FINO	:	SAN MARTIN			
CANTERA AGREGADO GRUESO	:	SAN MARTIN			
RESISTENCIA DESEADA	$f_c = 210$	kg/cm <sup>2</sup>	E060	TABLA 5.3	
RESISTENCIA DE CALCULO	$f_{cr} = 297$	kg/cm <sup>2</sup>			
<b>II.) INFORMACION DE MATERIALES</b>					
<b>A. AGREGADO GRUESO</b>					
<b>II.) DISEÑO</b>					
01.- Peso Unitario compactado seco	✓	1542.00	Kg/m <sup>3</sup>	<b>C. CEMENTO</b>	
02.- Peso Unitario suelto seco	✓	1316.00	Kg/m <sup>3</sup>	13.- Portland Tipo	I
03.- Peso específico de masa	✓	2704.00	Kg/m <sup>3</sup>	14.- Peso específico	3.1 Kg/m <sup>3</sup>
04.- Contenido de humedad	✓	0.71	%	15.- Peso volumetrico	1500 Kg/m <sup>3</sup>
05.- Contenido de absorción	✓	2.22	%		
06.- Tamaño máximo nominal		1/2	pulg.		
<b>AGREGADO FINO</b>				<b>D. AGUA</b>	
07.- Peso Unitario compactado seco	✓	1709.00	Kg/m <sup>3</sup>	16.- Norma	Potable
08.- Peso Unitario suelto seco	✓	1546.00	Kg/m <sup>3</sup>	NTP 339.088	
09.- Peso específico de masa	✓	2505.00	Kg/m <sup>3</sup>	17.- peso específico	1000 Kg/m <sup>3</sup>
10.- Contenido de humedad	✓	2.10	%		
11.- Contenido de absorción	✓	1.51	%		
12.- modulo de fineza	✓	2.8			
<b>1.- SLUMP</b>				<b>4.- RELACIÓN AGUA CEMENTO (Por Resistencia)</b>	
Consistencia Plastica				Resistencia de cálculo	297 kg/cm <sup>2</sup>
Asentamiento 3 a 4		pulgadas		Relacio A/C	0.555
<b>2.- CONTENIDO DE AJRE ATRAPADO</b>				<b>5.- CONTENIDO DE CEMENTO</b>	
Tamaño Maximo nominal		1/2	pulg.	Cantidad cemento	389.43 kg
Aire	✓	2.5	%	Factor cemento	9.16 bolsas
<b>3.- CONTENIDO DE AGUA</b>				<b>7.- VOLUMEN DE AGREGADO FINO</b>	
cantidad de agua	✓	216	l/m <sup>3</sup>	Cemento	0.126 m <sup>3</sup>
				Agua	0.216 m <sup>3</sup>
				Aire	0.025 m <sup>3</sup>
				Agregado grueso	0.314 m <sup>3</sup>
<b>6.- PESO DE AGREGADO GRUESO</b>					
Modulo de fineza agregado fino	✓	2.8		Volumen de agregado fino	0.320 m <sup>3</sup>
Volumen de agregado grueso	✓	0.55	m <sup>3</sup>	Peso de agregado fino	800.92 kg
Peso de agregado grueso	✓	848.10	kg		

## Anexo 6. Resistencia a la compresión de todas las muestras

### CERTIFICADO DE COMPRESIÓN NTP 339.034

<b>OBRA</b>	: "EFECTO DEL VIDRIO REICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "
<b>SOLICITANTE</b>	: CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
<b>UBICACIÓN</b>	: TRUJILLO-LA LIBERTAD
<b>EMISIÓN DE INFORME</b>	: 24 DE JUNIO DEL 2021

#### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO

PROBETA CILINDRICA		Resist. diseño Kg/cm2	Fecha de Rotura		Edad (días)	Diámetro cm	Longitud cm	Relación L/D	Factor de corrección	Carga		Resistencia fe Kg/cm2	Tipo de falla	
N°	Elemento		Elaboración	Rotura						KN	Kgf.			
01	CONCRETO PATRÓN	210 kg/cm2	30/04/2021	07/05/2021	7	14.98	30.00	2	1.00	273.58	27896.95	176.24	158.29	5
02	CONCRETO PATRÓN	210 kg/cm2	30/04/2021	07/05/2021	7	15.00	29.90	2	1.00	269.94	27525.78	176.71	155.76	5
03	CONCRETO PATRÓN	210 kg/cm2	30/04/2021	07/05/2021	7	15.01	30.00	2	1.00	274.19	27959.15	176.95	158.01	5
04	CONCRETO PATRÓN	210 kg/cm2	30/04/2021	14/05/2021	14	15.00	30.00	2	1.00	311.08	31720.83	176.71	179.50	5
05	CONCRETO PATRÓN	210 kg/cm2	30/04/2021	14/05/2021	14	15.01	30.00	2	1.00	312.57	31872.76	176.95	180.12	5
06	CONCRETO PATRÓN	210Kg/cm2	30/04/2021	14/05/2021	14	14.99	30.00	2	1.00	314.76	32096.08	176.48	181.87	5

*Observaciones : Las Pruebas se realizaron con almohadillas de neopreno (Dureza Shore A = 60) en la parte superior e inferior.*

*Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la compresión.*

#### DATOS DE MAQUINA DE ROTURA

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)

CAPACIDAD: 100000 Kgf.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (20-08-2020)

LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS



**CERTIFICADO DE COMPRESIÓN NTP 339.034**

<b>OBRA</b>	: "EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "
<b>SOLICITANTE</b>	: CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
<b>UBICACIÓN</b>	: TRUJILLO-LA LIBERTAD
<b>EMISIÓN DE INFORME</b>	: 24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO**

N°	Elemento	Resist. diseño Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Diámetro cm	Longitud cm	Relación LID	Factor corrección	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia fe Kg/cm <sup>2</sup>	Tipo de falla
			Elaboración	Rotura						KN	Kgf.			
01	CONCRETO PATRÓN	210 kg/cm <sup>2</sup>	30/04/2021	28/05/2021	28	15.00	30.00	2	1.00	369.17	37644.26	176.71	213.02	5
02	CONCRETO PATRÓN	210 kg/cm <sup>2</sup>	30/04/2021	28/05/2021	28	15.02	29.90	2	1.00	368.69	37595.32	177.19	212.18	5
03	CONCRETO PATRÓN	210 kg/cm <sup>2</sup>	30/04/2021	28/05/2021	28	14.99	30.00	2	1.00	370.05	37734.00	176.48	213.82	5

*Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la compresión.*

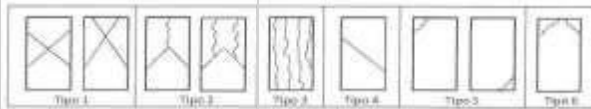
**DATOS DE MAQUINA DE ROTURA**

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)

CAPACIDAD: 100 000 Kgf.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (20-08-2020)

LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS



**CERTIFICADO DE COMPRESIÓN NTP 339.034**

<b>OBRA</b>	: "EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "
<b>SOLICITANTE</b>	: CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
<b>UBICACIÓN</b>	: TRUJILLO-LA LIBERTAD
<b>EMISIÓN DE INFORME</b>	: 24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO**

Nº	Elemento	Resist. diseño Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Diámetro cm	Longitud cm	Relación LID	Factor corrección	Carga		Sección cm <sup>2</sup>	Resistencia fe Kg/cm <sup>2</sup>	Tipo de falla
			Elaboración	Rotura						KN	Kgf.			
01	CONCRETO PATRÓN	210 kg/cm <sup>2</sup>	30/04/2021	28/05/2021	28	15.00	30.00	2	1.00	369.17	37644.26	176.71	213.02	5
02	CONCRETO PATRÓN	210 kg/cm <sup>2</sup>	30/04/2021	28/05/2021	28	15.02	29.90	2	1.00	368.69	37595.32	177.19	212.18	5
03	CONCRETO PATRÓN	210 kg/cm <sup>2</sup>	30/04/2021	28/05/2021	28	14.99	30.00	2	1.00	370.05	37734.00	176.48	213.82	5

*Observaciones: Las P<sup>100</sup> vos se realizaron con almohadillas de neopreno (Dureza Shore A = 60) en la parte superior e inferior.*

*Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la compresión.*

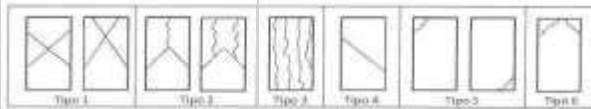
**DATOS DE MAQUINA DE ROTURA**

MARCA: PYS EQUIPOS. (Nº SERIE: 2002021)

CAPACIDAD: 100 000 Kgf.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (20-08-2020)

LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS



**CERTIFICADO DE COMPRESIÓN NTP 339.034**

<b>OBRA</b>	: "EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "
<b>SOLICITANTE</b>	: CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
<b>UBICACIÓN</b>	: TRUJILLO-LA LIBERTAD
<b>EMISIÓN DE INFORME</b>	: 24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO**

N°	Elemento	Resist. diseño Kg/cm2	Fecha de Rotura		Edad (días)	cm	Longitud cm	L/D	corrección	Carga		cm2	Resistencia fe Kg/cm2	Tipo de falla
			Elaboración	Rotura						KN	Kgf.			
01	CONCRETO PATRÓN*-2% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	15/05/2021	7	15.01	30.00	2	1.00	275.57	28099.87	176.95	158.80	5
02	CONCRETO PATRÓN+ 2% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	15/05/2021	7	14.97	29.90	2	1.00	275.38	28080.50	176.01	159.54	5
03	CONCRETO PATRÓN+ 2% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	15/05/2021	7	15.00	30.00	2	1.00	276.16	28160.04	176.71	159.35	5
04	CONCRETO PATRÓN+ 2% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	22/05/2021	14	15.02	30.00	2	1.00	317.02	32326.53	177.19	182.44	5
05	CONCRETO PATRÓN+ 2% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	22/05/2021	14	14.97	30.00	2	1.00	315.57	32178.67	176.01	182.82	5
06	CONCRETO PATRÓN*-2% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	22/05/2021	14	15.01	30.00	2	1.00	31678	32302.06	176.95	182.55	5

Observaciones :<sup>1</sup> -<sup>08</sup> Pruebas se realizaron con almohadillas de neopreno (Dureza Shore A = 60) en la parte superior e inferior.

Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la compresión.

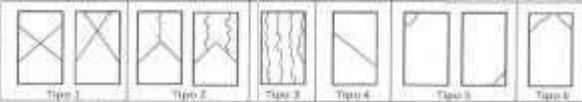
**DATOS DE MAQUINA DE ROTURA**

MARCA; PYS EQUIPOS. (N SERIE: 2002021)

CAPACIDAD; 100 000 Kgf.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN; 1378/20 (20-08-2020)

LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS





**CERTIFICADO DE COMPRESIÓN NTP 339.034**

<b>OBRA</b>	: "EFECTO DEL VIDRIO REICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "
<b>SOLICITANTE</b>	: CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
<b>UBICACIÓN</b>	: TRUJILLO-LA LIBERTAD
<b>EMISIÓN DE INFORME</b>	: 24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO**

N°	PROBETA CILINDRICA Elemento	Resist. diseño Kg/cm2	Fecha de Rotura		Edad (días)	Diámetro cm	Longitud cm	Relación L/D	Factor de corrección	Carga			Resistencia fe Kg/cm2	Tipo de falla
			Elaboración	Rotura						KN	Kgf.	cm2		
01	CONCRETO PATRÓN* 7% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	15/05/2021	7	15.00	30.00	2	1.00	270.14	27546.18	176.71	155.88	5
02	CONCRETO PATRÓN* 7% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	15/05/2021	7	14.98	29.90	2	1.00	271.42	27676.70	176.24	157.04	5
03	CONCRETO PATRÓN* 7% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	15/05/2021	7	15.01	30.00	2	1.00	270.86	27619.59	176.95	156.09	5
04	CONCRETO PATRÓN* 7% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	22/05/2021	14	15.01	30.00	2	1.00	312.78	31894.18	176.95	180.24	5
05	CONCRETO PATRÓN* 7% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	22/05/2021	14	15.00	30.00	2	1.00	310.67	31679.02	176.71	179.27	5
05	CONCRETO PATRÓN* 7% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	22/05/2021	14	14.99	30.00	2	1.00	311.42	31755.50	176.48	179.94	5

Observaciones: Las Pruebas se realizaron con almohadillas de neopreno (Dureza Shore A = 60) en la parte superior e inferior.

Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la compresión.

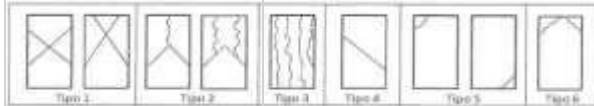
**DATOS DE MAQUINA DE ROTURA**

MARCA: PYS EQUIPOS. (IT SERIE: 2002021)

CAPACIDAD: 100000 Kgf.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (20-08-2020)

LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS



**CERTIFICADO DE COMPRESIÓN NTP 339.034**

<b>OBRA</b>	: "EFECTO DEL VIDRIO REICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "
<b>SOLICITANTE</b>	: CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
<b>UBICACIÓN</b>	: TRUJILLO-LA LIBERTAD
<b>EMISIÓN DE INFORME</b>	: 24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO**

N°	PROBETA CILINDRICA Elemento	Resist. diseño Kg/cm2	Fecha de Rotura		Edad (días)	Diámetro cm	Longitud cm	Relación L/D	Factor de corrección	Carga			Resistencia fe Kg/cm2	Tipo de falla
			Elaboración	Rotura						KN	Kgf.	cm2		
01	CONCRETO PATRÓN* 7% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	05/06/2021	28	15.00	30.00	2	1.00	369.13	37640.19	176.71	213.00	5
02	CONCRETO PATRÓN* 7% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	05/06/2021	28	15.02	30.00	2	1.00	366.49	37370.99	177.19	21091	5
03	CONCRETO PATRÓN* 7% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm2	08/05/2021	05/06/2021	28	14.98	30.00	2	1.00	367.82	37506.61	176.24	212.81	5



**CERTIFICADO DE COMPRESIÓN NTP 339.034**

<b>OBRA</b>	: "EFECTO DEL VIDRIO RECIKLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "
<b>SOLICITANTE</b>	: CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
<b>UBICACIÓN</b>	: TRUJILLO-LA LIBERTAD
<b>EMISIÓN DE INFORME</b>	: 24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO**

PROBETA CILÍNDRICA		Resist. diseño Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Longitud cm	Relación L/D	Factor corrección	Carga		Resistencia fe Kg/cm <sup>2</sup>	Tipo de falla		
Nº	Elemento		Elaboración	Rotura					KN	Kgf.				
01	CONCRETO PATRÓN+ 12% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm <sup>2</sup>	08/05/2021	15/05/2021	7	15.00	30.00	2	1.00	261.39	26653.94	176.95	150.63	5
02	CONCRETO PATRÓN+ 12% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm <sup>2</sup>	08/05/2021	15/05/2021	7	15.00	29.90	2	1.00	263.45	26864.00	176.71	152.02	5
03	CONCRETO PATRÓN+ 12% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm <sup>2</sup>	08/05/2021	15/05/2021	7	14.98	30.00	2	1.00	264.27	26947.61	176.24	152.90	5
04	CONCRETO PATRÓN+ 12% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm <sup>2</sup>	08/05/2021	22/05/2021	14	15.00	30.00	2	1.00	309.75	31585.21	176.71	178.74	5
05	CONCRETO PATRÓN+ 12% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm <sup>2</sup>	08/05/2021	22/05/2021	14	15.02	30.00	2	1.00	309.43	31552.58	177.19	178.08	5
06	CONCRETO PATRÓN+ 12% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm <sup>2</sup>	08/05/2021	22/05/2021	14	15.01	30.00	2	1.00	310.75	31687.18	176.95	179.07	5

Observaciones : Las  $P_{100}$  vos se realizaron con almohadillas de neopreno (Dureza Shore A = 60) en la parte superior e inferior.

Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la compresión.

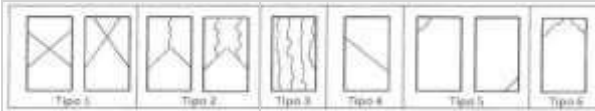
**DATOS DE MAQUINA DE ROTURA**

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)

CAPACIDAD: 100 000 Kgf.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (20-08-2020)

LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS



**CERTIFICADO DE COMPRESIÓN NTP 339.034**

<b>OBRA</b>	: "EFECTO DEL VIDRIO RECIKLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "
<b>SOLICITANTE</b>	: CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
<b>UBICACIÓN</b>	: TRUJILLO-LA LIBERTAD
<b>EMISIÓN DE INFORME</b>	: 24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE CONCRETO**

PROBETA CILÍNDRICA		Resist. diseño Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Diámetro cm	Longitud cm	Relación L/D	Factor corrección	Carga		Resistencia fe Kg/cm <sup>2</sup>	Tipo de falla	
Nº	Elemento		Elaboración	Rotura						KN	Kgf.			
01	CONCRETO PATRÓN+ 12% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm <sup>2</sup>	08/05/2021	05/06/2021	28	15.00	30.00	2	1.00	369.13	37640.19	176.71	213.00	5
02	CONCRETO PATRÓN+ 12% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm <sup>2</sup>	08/05/2021	05/06/2021	28	15.02	30.00	2	1.00	366.49	37370.99	177.19	210.91	5
03	CONCRETO PATRÓN+ 12% VIDRIO TRITURADO	210 kg/cm <sup>2</sup>	08/05/2021	05/06/2021	28	14.98	30.00	2	1.00	367.82	37506.61	176.24	212.81	5

<i>Observaciones : Las P<sup>su</sup> esas se realizaron con almohadillas de neopreno (Dureza Shore A - 60) en la parte superior e inferior.</i>													
<i>Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la compresión.</i>													
<b>DATOS DE MAQUINA DE ROTURA</b>													
MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)													

## Anexo 7. Resistencia a la flexión de todas las muestras

CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339,078 / MTC E 709													
OBRA	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "												
SOLICITANTE	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR												
UBICACIÓN	TRUJILLO- LA LIBERTAD												
EMISIÓN DE INFORME	24 DE JUNIO DEL 2021												
ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PRÓBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO													
PROBETA PRISMÁTICA	Diseño R.	Fecha de Rotura	Edad	Longitud	Ancho cm	Altura cm	Luz libre	Carga				Resistencia	
N°	Elemento	Compresión Kg/cm <sup>2</sup>	Elaboración	Rotura (días)	cm		entre apoyos	KN	Kgf.	Bls.	Mr	Kg/cm <sup>2</sup>	
01	CONCRETO PETRO	210 Kg/cm <sup>2</sup>	26/04/2021	03/05/2021	7	50.85	15.20	15.24	45.00	18.24	1859.93	4100.45	23.71
02	CONCRETO PETRO	210 Kg/cm <sup>2</sup>	26/04/2021	03/05/2021	7	50.78	15.24	15.24	45.00	18.15	1850.76	4080.22	23.53
03	CONCRETO PETRO	210 Kg/cm <sup>2</sup>	26/04/2021	03/05/2021	7	50.80	15.22	15.24	45.00	18.36	1872.17	4127.43	23.83
04	CONCRETO PETRO	210 Kg/cm <sup>2</sup>	26/04/2021	10/05/2021	14	50.85	15.20	15.24	45.00	22.31	2274.95	5015.41	29.00
05	CONCRETO PETRO	210 Kg/cm <sup>2</sup>	26/04/2021	10/05/2021	14	50.80	15.22	15.24	45.00	21.92	2235.18	4927.73	28.45
06	CONCRETO PETRO	210 Kg/cm <sup>2</sup>	26/04/2021	10/05/2021	14	50.78	15.20	15.24	45.00	21.60	2202.55	4855.80	28.08

Observaciones : Los Probetas de concreto fueron elaborados por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.

El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el módulo de rotura:

En donde:

Mr: es el módulo de rotura, en Kg/cm<sup>2</sup>

P: Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg

L: Es la luz libre entre apoyos, en mm

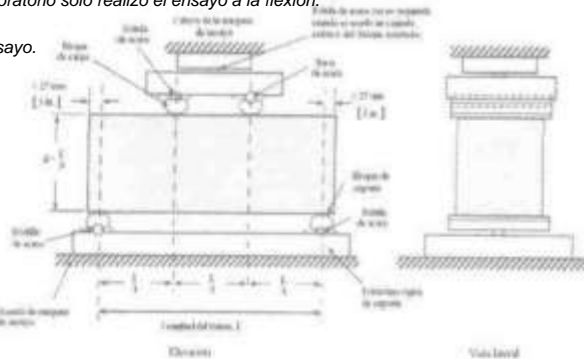
b: Es el ancho promedio de la viga, en cm

h: Es la altura promedio de la viga, en cm.

NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MAQUINA DE ROTURA

MARCA: PS EQUIPOS. (SERIE: 2002021) CAPACIDAD:



100000 Kg!

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (20-08-2020)

LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS

**CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339,078 / MTC E 709**

OBRA	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO f'c=210kg/cm <sup>2</sup> "
SOLICITANTE	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
UBICACIÓN	TRUJILLO- LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME	24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO**

PROBETA PRISMÁTICA		Diseño R. Compresión	Fecha de Rotura		Edad (días)	Longitud cm	Ancho cm	Altura cm	Luz libre entre	Carga			Resistencia Mr Kg/cm <sup>2</sup>
N°	Elemento		Elaboración	Rotura						KN	Kgf.	Bls.	
01	CONCRETO PETRO	210 kg/cm <sup>2</sup>	26/04/2021	24/05/2021	28	50.84	15.20	15.24	45.00	27.48	2802.14	6177.65	35.72
02	CONCRETO PETRO	210 kg/cm <sup>2</sup>	26/04/2021	24/05/2021	28	50.80	15.23	15.24	45.00	28.57	2913.28	6422.69	37.06
03	CONCRETO PETRO	210 kg/cm <sup>2</sup>	26/04/2021	24/05/2021	28	50.81	15.22	15.24	45.00	27.94	2849.04	6281.06	36.27

Observaciones : Las Pr betas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.

El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el módulo de rotura:

En donde:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Mr: es el módulo de rotura, en Kg/cm<sup>2</sup>.

P: Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg

L: Es la luz libre entre apoyos, en mm

b: Es el ancho promedio de la viga, en cm

h: Es la altura promedio de la viga, en cm,

NOTA 2: El peso de la viga no está Incluido en los cálculos antes detallados

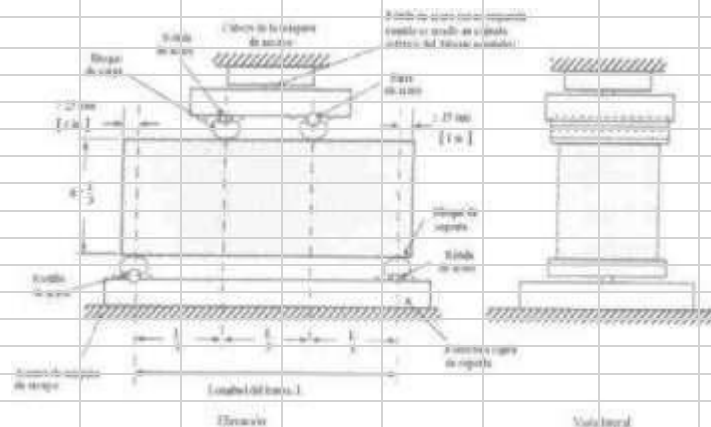
**DATOS DE MAQUINA DE ROTURA**

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE; 2002021)

CAPACIDAD: 100 000 Kgf.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (20-08-2020)

LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS



**CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339,078 / MTC E 709**

OBRA	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "
SOLICITANTE	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
UBICACIÓN	TRUJILLO- LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME	24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO**

PROBETA PRISMÁTICA Nº	Diseño R. Elemento	Fecha de Rotura Compresión Elaboración	Edad (días)	Longitud cm	Ancho cm	Altura cm	Luz libre entre apoyos	Carga			Resistencia Mr Kg/cm2
								KN	Kgf,	Lbs.	
01	CONCRETO+ 2% 210 Kg/cm2 10 DE VIDRIO	05/2021	7	50.80	15.20	15.24	45.00	18.57	1893.58	4174.64	24.14
02	CONCRETO+ 2% 210 Kg/cm2 10 DE VIDRIO	05/2021	7	50.85	15.24	15.24	45.00	18.72	1908.88	4208.36	24.27
03	CONCRETO+ 2% 210 Kg/cm2 10 DE VIDRIO	05/2021	7	50.82	15.22	15.24	45.00	18.36	1872.17	4127.43	23.83
04	CONCRETO+ 2% 210 Kg/cm2 10 DE VIDRIO	05/2021	14	50.82	15.20	15.24	45.00	22.13	2256.60	4974.94	28.76
05	CONCRETO+ 2% 210 Kg/cm2 10 DE VIDRIO	05/2021	14	50.85	15.22	15.24	45.00	21.87	2230.08	4916.49	28.39
06	CONCRETO+ 2% 210 Kg/cm2 10 DE VIDRIO	05/2021	14	50.78	15.20	15.24	45.00	21.98	2241.30	4941.22	28.57
											--J

Observaciones ' Los Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.

El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el módulo de rotura:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

En donde:

Mr: es el módulo de rotura, en Kg/cnf.

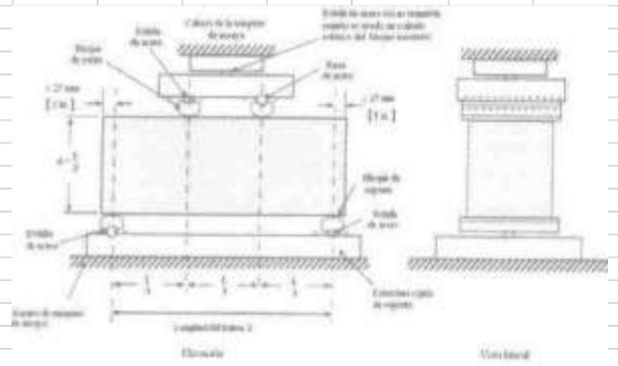
P: Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg

L: Es la luz libre entre apoyos, en mm  
b, Es el ancho promedio de la viga, en cm  
h Es la altura promedio de la viga, en cm.

NOTA 2' El peso de la viga no está Incluido en los cálculos antes detallados

**DATOS DE MAQUINA DE ROTURA**

MARCA: PYS EQUIPOS. (N\* SERIE: 2002021)  
CAPACIDAD: 100000 Kgf.  
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (20-08-2020)  
LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS





**CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339,078 / MTC E 709**

OBRA	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO $f_c=210\text{kg/cm}^2$ "
SOLICITANTE	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
UBICACIÓN	TRUJILLO- LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME	24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO**

N°	ELEMENTO	Diseño R. Compresión K g/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Longitud cm	Ancho cm	Altura cm	Luz libre entre apoyos	Carga			Resistencia Mr Kg/cm <sup>2</sup>
			Elaboración	Rotura						KN	Kgf.	Bls.	
01	CONCRETO+ 2% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	07/06/2021	28	50.85	15.20	15.24	45.00	28.74	2930.62	6460.91	37.36
02	CONCRETO+ 2% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	07/06/2021	28	50.80	15.24	15.24	45.00	27.91	2845.98	6274.32	36.18
03	CONCRETO+ 2% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	07/06/2021	28	50.80	15.22	15.24	45.00	28.37	2892.89	6377.73	36.83
s_			--										--J

Observaciones : <sup>ES</sup> Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión?

El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el módulo de rotura:

En donde:

Mr: es el módulo de rotura, en Kg/cm<sup>2</sup>.

P: Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg

L : Es la luz libre entre apoyos, en mm

b. Es el ancho promedio de la viga, en cm

h: Es la altura promedio de la viga, en cm.

NOTA 2: El peso de la viga no está Incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MAQUINA DE ROTURA

MARCA; PS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)

CAPACIDAD: 100000 Kgf.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (20-08-2020)

LABORATORIO METROLOGÍA PS EQUIPOS

**CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339,078 / MTC E 709**

OBRA	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup> "
SOLICITANTE	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
UBICACIÓN	TRUJILLO- LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME	24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAJO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO**

N°	Elemento	Diseño R. Con presión Kg/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura Elaboración	Edad Rotura (días)	Longitud cm	Ancho cm	Altura cm	Luz libre entre apoyos	Carga			Resistencia Mr Kg/cm <sup>2</sup>	
									KN	Kgf.	Bls.		
01	CONCRETO + 7% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/06/2021	17/05/2021	7	50.75	15.23	15.24	45.00	16.92	1725.33	3803.71	21.95
02	CONCRETO + 7% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	17/05/2021	7	50.80	15.20	15.24	45.00	17.25	1758.98	3877.89	22.42
03	CONCRETO + 7% DE VIDRIO	210 Kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	17/05/2021	7	50.84	15.24	15.24	45.00	17.09	1742.67	3841.92	22.16
04	CONCRETO + 7% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	24/05/2021	14	50.80	15.15	15.24	45.00	20.14	2053.68	4527.58	26.26
05	CONCRETO + 7% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	24/05/2021	14	50.82	15.23	15.24	45.00	20.76	2116.90	4666.96	26.93
06	CONCRETO + 7% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	24/05/2021	14	50.80	15.10	15.24	4500	21.18	2159.72	4761.38	27.71

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Observaciones : Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión. El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

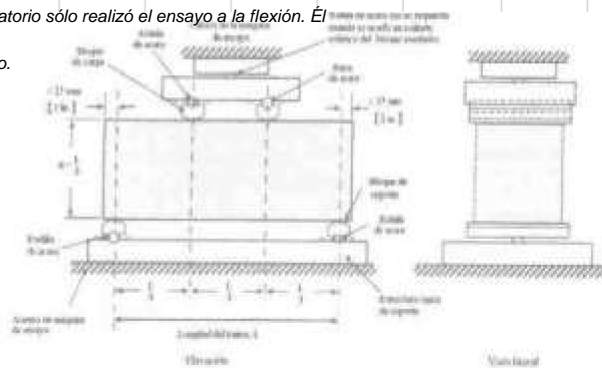
Cálculo el módulo de rotura:

En donde:

Mr: es el módulo de rotura, en Kg/cm<sup>2</sup>.

P : Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg

L: Es la luz libre entre apoyos, en mm



b: Es el ancho promedio de la viga, en cm  
ir Es la altura promedio de la viga, en cm.

NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

DATOS DE MAQUINA DE ROTURA

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)  
CAPACIDAD: 100 000 Kgf.  
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 1378/20 (20-08-2020)  
LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS

**CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339,078 / MTC E 709**

OBRA	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup> "	
SOLICITANTE	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR	
UBICACIÓN	TRUJILLO- LA LIBERTAD	
EMISIÓN DE INFORME	24 DE JUNIO DEL 2021	

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO**

PROBETA PRISMÁTICA N°	Diseño R. Elemento	Fecha de Rotura Compresión K g/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Longitud cm	Ancho cm	Altura cm	Luz libre entre apoyos	Carga			Resistencia Mr Kg/cm <sup>2</sup>
			Elaboración	Rotura						KN	Kgf.	Bls.	
01	CONCRETO + 7% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	07/06/2021	28	50.85	15.24	15.24	45.00	25.18	2567.60	5660.60	32.64
02	CONCRETO + 7% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	07/06/2021	28	50.80	15.20	15.24	45.00	24.87	2535.99	5590.91	32.33
03	CONCRETO + 7% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	07/06/2021	28	50.80	15.18	15.24	45.00	25.36	2585.96	5701.06	33.01
L													

Observaciones : Los Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.

El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

Cálculo el módulo de rotura:

En donde:

$$M_r = \frac{PL}{bh^2}$$

Mr: es el módulo de rotura, en Kg/cm<sup>2</sup>

P: Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg

L: Es la luz libre entre apoyos, en mm

b: Es el ancho promedio de la viga, en cm

h: Es la altura promedio de la viga, en cm.

NOTA 2: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

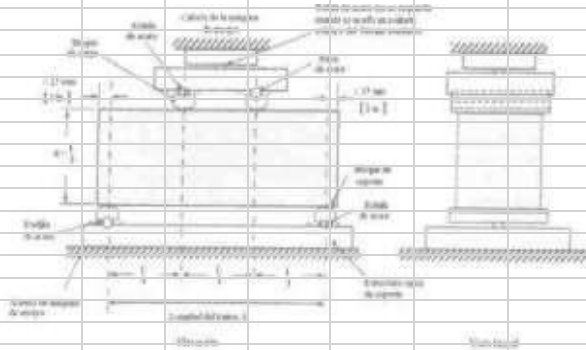
**DATOS DE MAQUINA DE ROTURA**

MARCA: PYS EQUIPOS, (N° SERIE: 200Z021)

CAPACIDAD: 100 000 Kgf.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN: 137S/20 (20-08-2020)

LABORATORIO METROLOGÍA PYS EQUIPOS



**CERTIFICADO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS A LOS TERCIOS DEL TRAMO NTP 339,078 / MTC E 709**

OBRA	"EFECTO DEL VIDRIO RECICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup> "
SOLICITANTE	CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR
UBICACIÓN	TRUJILLO- LA LIBERTAD
EMISIÓN DE INFORME	24 DE JUNIO DEL 2021

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE PROBETAS PRISMÁTICAS DE CONCRETO**

PROBETA PRISMÁTICA N°	Elemento	Diseño R. Con presión K g/cm <sup>2</sup>	Fecha de Rotura		Edad (días)	Longitud cm	Ancho cm	Altura cm	Luz libre entre apoyos	Carga			Resistencia Mr Kg/cm <sup>2</sup>
			Elaboración	Rotura						KN	Kgf.	Bls.	
01	CONCRETO+ 12% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	17/05/2021	7	50,81	15.23	15.24	45.00	16.08	1639.68	3614.87	20.86
02	CONCRETO+ 12% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	17/05/2021	7	50.84	15.20	15.24	45.00	16.85	1718.19	3787.97	21.90
03	CONCRETO+ 12% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	17/05/2021	7	50.80	15.24	15.24	45.00	16.59	1691.68	372952	21.51
04	CONCRETO+ 12% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	24/05/2021	14	50.78	15.15	15.24	45.00	1994	2033.28	4482.62	26.00
05	CONCRETO+ 12% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	24/05/2021	14	50.80	15.23	15.24	45.00	19.57	1995.55	4399.44	25.39
06	CONCRETO+ 12% DE VIDRIO	210 kg/cm <sup>2</sup>	10/05/2021	24/05/2021	14	50.82	15.10	15.24	46.00	20.04	2043.48	4505.10	26.22
V													J

Observaciones : Las Probetas de concreto fueron elaboradas por el solicitante, el Laboratorio sólo realizó el ensayo a la flexión.

El laboratorio no participó en la elaboración, ni en el curado de los especímenes de ensayo.

**Cálculo el módulo de rotura:**

$$M_r = \frac{P \cdot L}{b \cdot h}$$

En donde:

**Mr:** es el módulo de rotura, en Kg/cm<sup>2</sup>.

**P:** Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en Kg

**L** Es la luz libre entre apoyos, en mm

**b:** Es el ancho promedio de la viga, en cm

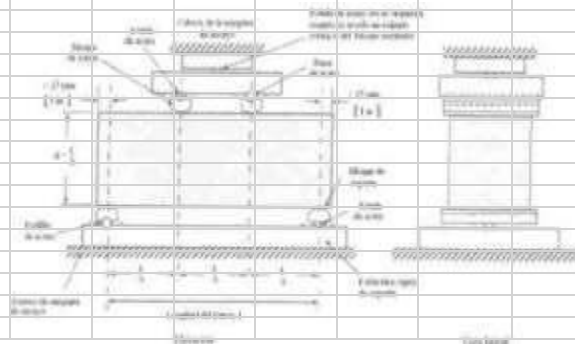
**h:** Es la altura promedio de la viga, en cm.

**NOTA** ∇ El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

PATOS DE MAQUINA DE ROTURA

MARCA: PYS EQUIPOS. (N° SERIE: 2002021)

CAPACIDAD: 10000Kg.







**Anexo 8. Panel fotográfico.**



**Fotografía 01**



**Fotografía 02**



**Fotografía 03**



**Fotografía 04**





**Fotografía 05**



**Fotografía 06**



**Fotografía 07**



**Fotografía 08**



**Fotografía 09**



**Fotografía 10**



**Fotografía 11**



**Fotografía 12**



**Fotografía 13**



**Fotografía 14**



**Fotografía 15**



**Fotografía 16**





**Fotografía 17**



**Fotografía 18**



**Fotografía 19**



**Fotografía 20**



**Fotografía 21**



**Fotografía 22**



**Fotografía 23**



**Fotografía 24**



**Fotografía 25**



**Fotografía 26**

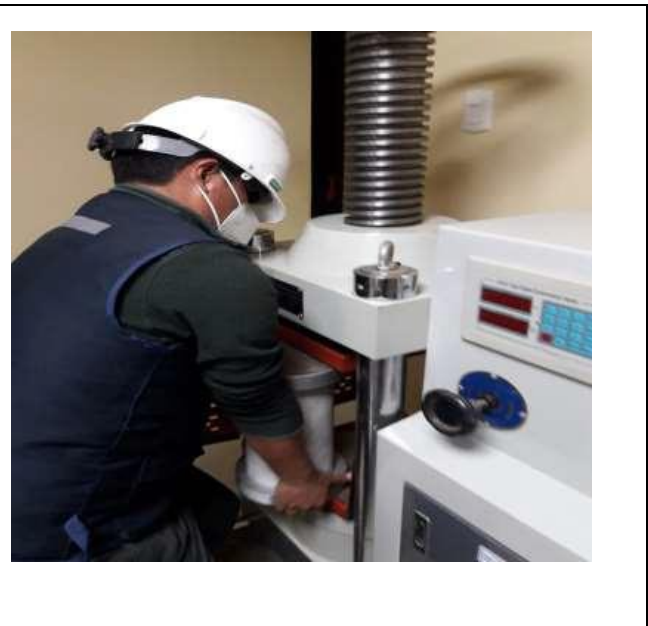


**Fotografía 27**





**Fotografía 28**



**Fotografía 29**



**Fotografía 30**



**Fotografía 31**



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, GUTIERREZ VARGAS LEOPOLDO MARCOS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "EFECTO DEL VIDRIO REICLADO EN LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN Y FLEXIÓN DE UN CONCRETO F'C=210 KG/CM<sup>2</sup>", cuyo autor es CRUZADO CASTILLO RODOLFO OMAR, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido de 22.00%, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 20 de Octubre del 2021

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
GUTIERREZ VARGAS LEOPOLDO MARCOS <b>DNI:</b> 17816499 <b>ORCID</b> 0000-0003-2630-6190	Firmado digitalmente por: LGUTIERREZV el 20-10- 2021 20:53:09

Código documento Trilce: TRI - 0193856