



Universidad Nacional

**SAN LUIS GONZAGA**



## [Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

[http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**UNIDAD DE INVESTIGACION**

**EVALUACION DE ORIGINALIDAD**

**ID. N° 102738227**

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se la realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento de INFORME FINAL DE TESIS cuyo título es:

**APLICACIÓN DEL VIDRIO RECICLADO TRITURADO EN EL  
DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE ICA**

presentado por:

**GALLEGOS PARRA, GERSSON DOMINGO**

Bachiller del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Civil. El resultado obtenido es de **2% de similitud**, por el cual se otorga el calificativo de **APROBADO**, según el Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 14 de setiembre de 2023

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga"  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
UNIDAD DE INVESTIGACION

**Dr. SANTOS CHACALTANA VÁSQUEZ**  
**DIRECTOR (I)**  
**DIRECTOR DE UNIDAD DE INVESTIGACION**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Facultad de Ingeniería Civil



Aplicación del vidrio reciclado triturado en el diseño de mezclas de  
concreto en el distrito de Ica

Línea de investigación:  
Ciencias naturales, Ingeniería y Tecnologías sostenibles

INFORME FINAL DE TESIS

PARA OPTAR POR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

AUTOR:  
BACH. GALLEGOS PARRA, GERSSON DOMINGO

Ica, Perú  
2023

## **DEDICATORIA**

A mi Dios Topoderoso, porque ha sido mi guía y mi sustento durante toda mi vida.

A mis padres, por el apoyo incondicional que me han brindado en toda etapa de mi vida.

A mis hermanos y familiares que siempre me han dado su apoyo en todo momento.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios porque es Él quien me sostiene en todo momento, y es Dios quien me ha permitido haber terminado mi carrera profesional, ya que reconozco públicamente que solo Él es quien puede dar sabiduría al hombre para que alcance sus metas conforme a sus propósitos.

Como está escrito en la Biblia: El principio de la sabiduría es el temor de Jehová; Los insensatos desprecian la sabiduría y la enseñanza.

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional durante cada etapa de mi vida, y porque siempre estuvieron apoyándome a poder terminar mi carrera profesional, reconociendo su sacrificio como padres desprendidos con sus hijos.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE TABLAS .....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT.....	xi
<b>I. INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1 Realidad Problemática.....	2
1.2 Antecedentes de la investigación .....	2
1.2.1 Antecedentes a nivel internacional .....	2
1.2.2 Antecedentes a nivel nacional.....	3
1.2.3 Antecedentes a nivel local .....	4
1.3 Bases Teóricas de la Investigación .....	4
1.3.1 Definición del vidrio.....	4
1.3.2 Proceso de producción del vidrio.....	4
1.3.3 Tipos de vidrio.....	5
1.3.4 Propiedades del Vidrio .....	8
1.3.5 Vidrio reciclado .....	11
1.3.6 Características del vidrio reciclado .....	12
1.3.7 El concreto.....	13
1.3.8 Propiedades del concreto .....	13
1.4 Marco Legal .....	17
1.5 Formulación del Problema.....	17
1.5.1 Problema general .....	17
1.5.2 Problemas específicos.....	18
1.6 Justificación e importancia de la investigación.....	18
1.6.1 Justificación.....	18
1.6.2 Importancia.....	19
1.7 Objetivos .....	19
1.7.1 Objetivo general .....	19
1.7.2 Objetivos Específicos .....	19
1.8 Hipótesis.....	19
1.8.1 Hipótesis general .....	19
1.8.2 Hipótesis específicas.....	19
1.9 Variables de la investigación .....	20
1.9.1 Identificación de variables .....	20

1.9.2	Operacionalización de variables .....	20
<b>II.</b>	<b>ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....</b>	<b>21</b>
2.1	Tipo, Nivel y Diseño de Investigación .....	21
2.1.1	Tipo de investigación.....	21
2.1.2	Nivel de investigación .....	21
2.1.3	Diseño de investigación.....	21
2.2	Población y Muestra .....	21
2.2.1	Población de Estudio .....	21
2.2.2	Tamaño de la Muestra .....	21
2.3	Técnicas e Instrumentos de investigación.....	21
2.3.1	Técnicas de recolección de Datos .....	21
2.3.2	Instrumentos de recolección de Datos .....	21
2.3.3	Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de Datos .....	22
2.4	Procedimientos .....	22
2.4.1	Aplicaciones del vidrio reciclado triturado .....	22
2.4.2	Comportamiento del vidrio reciclado en el concreto .....	24
2.4.3	Evaluación del comportamiento y las propiedades del vidrio reciclado en la producción de materiales de construcción .....	24
2.4.4	Diseño de mezclas de concreto .....	25
2.4.5	Componentes de la mezcla de concreto .....	26
2.4.6	Dosificación del concreto .....	27
2.4.7	Métodos de mezcla y colocación del concreto .....	28
2.4.8	Ensayos.....	28
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>34</b>
3.1	Análisis de los Agregados .....	34
3.1.1	Análisis del Agregado Grueso .....	34
3.1.2	Análisis Granulométrico del Agregado Grueso .....	34
3.1.3	Análisis del Agregado Fino .....	35
3.1.4	Análisis Granulométrico del Agregado Fino .....	35
3.2	Diseño de mezclas de concreto .....	35
3.2.1	Diseño de mezcla de concreto de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	35
3.2.2	Diseño de mezcla de concreto de $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ .....	39
3.3	Resultados de ensayos de resistencia a la compresión .....	42
3.3.1	Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	43
3.3.2	Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 10% .....	45

3.3.3	Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20% .....	48
3.3.4	Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 30% .....	50
3.3.5	Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ .....	53
3.3.6	Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 10% .....	55
3.3.7	Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20% .....	58
3.3.8	Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 30% .....	60
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>63</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>66</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>67</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>69</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla I Operacionalización de Variables.....	20
Tabla II Análisis del Agregado Grueso .....	34
Tabla III Análisis Granulométrico del Agregado Grueso .....	34
Tabla IV Análisis del Agregado Fino.....	35
Tabla V Análisis Granulométrico del Agregado Fino .....	35
Tabla VI Calculo de cantidad de materiales para $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ .....	37
Tabla VII Dosificación para diseño de mezcla de $f'c= 210\text{kg/cm}^2$ .....	38
Tabla VIII Calculo de cantidad de materiales para $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 10% .....	38
Tabla IX Dosificación para diseño de mezcla de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 10% .....	38
Tabla X Calculo de cantidad de materiales para $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 20% .....	38
Tabla XI Dosificación para diseño de mezcla de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 20% .....	39
Tabla XII Calculo de cantidad de materiales para $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 30% .....	39
Tabla XIII Dosificación para diseño de mezcla de $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 30% .....	39
Tabla XIV Calculo de cantidad de materiales para $f'c= 175\text{kg/cm}^2$ .....	40
Tabla XV Dosificación para diseño de mezcla de $f'c= 175\text{kg/cm}^2$ .....	41
Tabla XVI Calculo de cantidad de materiales para $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 10% .....	41
Tabla XVII Dosificación para diseño de mezcla de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 10%.....	41
Tabla XVIII Calculo de cantidad de materiales para $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 20%.....	41
Tabla XIX Dosificación para diseño de mezcla de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 20% .....	42
Tabla XX Calculo de cantidad de materiales para $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 30% .....	42
Tabla XXI Dosificación para diseño de mezcla de $f'c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado triturado al 30% .....	42
Tabla XXII Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	43
Tabla XXIII Valores promedios de resistencia a la compresión $f'c=210\text{kg/cm}^2$ .....	43

Tabla XXIV Resistencia a la compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 10% .....	45
Tabla XXV Valores promedios de resistencia a la compresión $f^c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 10% .....	46
Tabla XXVI Resistencia a la compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20% .....	48
Tabla XXVII Valores promedios de resistencia a la compresión $f^c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20% .....	48
Tabla XXVIII Resistencia a la compresión del concreto $f^c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 30% .....	50
Tabla XXIX Valores promedios de resistencia a la compresión $f^c=210\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 30% .....	51
Tabla XXX Resistencia a la compresión del concreto $f^c= 175\text{kg/cm}^2$ .....	53
Tabla XXXI Valores promedios de resistencia a la compresión $f^c= 175\text{kg/cm}^2$ .....	53
Tabla XXXII Resistencia a la compresión del concreto $f^c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 10% .....	55
Tabla XXXIII Valores promedios de resistencia a la compresión $f^c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 10% .....	56
Tabla XXXIV Resistencia a la compresión del concreto $f^c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20% .....	58
Tabla XXXV Valores promedios de resistencia a la compresión $f^c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20% .....	58
Tabla XXXVI Resistencia a la compresión del concreto $f^c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 30% .....	60
Tabla XXXVII Valores promedios de resistencia a la compresión $f^c=175\text{kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 30% .....	61

## INDICE DE FIGURAS

Fig. 1. Vidrio reciclado triturado .....	12
Fig. 2. Resistencia a la compresión .....	14
Fig. 3. Ensayo de Granulometría .....	29
Fig. 4. Ensayo de asentamiento o slump .....	32
Fig. 5. Requerimientos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire .....	36
Fig. 6. Relación agua-cemento y resistencia a la compresión del concreto .....	36
Fig. 7. Resistencia a la compresión $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	44
Fig. 8. Porcentaje de resistencia a la compresión $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	45
Fig. 9. Resistencia a la compresión $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 10% .....	47
Fig. 10. Porcentaje de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 10% .....	47
Fig. 11. Resistencia a la compresión $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20% .....	49
Fig. 12. Porcentaje de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20% .....	50
Fig. 13. Resistencia a la compresión $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 30% .....	52
Fig. 14. Porcentaje de resistencia a la compresión $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 30% .....	52
Fig. 15. Resistencia a la compresión $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ .....	54
Fig. 16. Porcentaje de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ .....	55
Fig. 17. Resistencia a la compresión $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 10% .....	57
Fig. 18. Porcentaje de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 10% .....	57
Fig. 19. Resistencia a la compresión $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20% .....	59
Fig. 20. Porcentaje de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20% .....	60
Fig. 21. Resistencia a la compresión $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 30% .....	62
Fig. 22. Porcentaje de resistencia a la compresión $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 30% .....	62

## RESUMEN

La presente investigación tiene por objetivo aplicar vidrio reciclado triturado en diseños de mezcla de concreto en reemplazo del agregado grueso, para mejorar la resistencia del concreto.

Se usará un muestreo no probabilístico se ensayarán muestras a los 7, 14 y 28 días. Conforme a la norma técnica NTP 339.034 se fabricará mínimo 3 probetas de concreto para las diferentes edades y para concretos estructurales de  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, considerando diferentes porcentajes de uso de vidrio triturado. Se tomará los resultados de los mejores especímenes. En este caso se propone porcentajes de 10, 20 y 30%, con lo cual sería necesario ensayar un total de 54 probetas con vidrio triturado en reemplazo del agregado grueso, y 18 probetas para concretos convencionales.

Se observó que para concretos  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> con 10 % de vidrio reciclado triturado, los valores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, resultan los valores de 180.39 kg/cm<sup>2</sup>, 223.88 kg/cm<sup>2</sup>, y 260.36 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, que en porcentajes con respecto a la resistencia requerida equivalen al 85.90 %, 106.61 % y 123.98 % respectivamente.

Se observó que para concretos  $f'c= 175$  kg/cm<sup>2</sup> con 10 % de vidrio reciclado triturado, los valores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, resultando los valores de 149.01 kg/cm<sup>2</sup>, 180.53 kg/cm<sup>2</sup>, y 212.59 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, que en porcentajes con respecto a la resistencia requerida equivalen al 85.15 %, 103.16 % y 121.48 % respectivamente.

Se concluye que el porcentaje óptimo que mejora la resistencia en el diseño de mezcla es al aplicar 10% de vidrio reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso. Obteniendo una resistencia mayor a la del diseño patrón, logrando el 123.98% en diseños de mezclas de concreto con  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>, y el 121.48% en diseños de mezclas de concreto con  $f'c= 175$  kg/cm<sup>2</sup>.

Palabras Claves: Vidrio, Reciclado, Triturado.

## ABSTRACT

The objective of this research is to apply crushed recycled glass in concrete mix designs instead of coarse aggregate, to improve the resistance of concrete.

A non-probabilistic method will be used, samples will be tested at 7, 14 and 28 days. In accordance with the NTP 339.034 technical standard, a minimum of 3 concrete specimens will be manufactured for the different ages and for structural concrete of  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup> and  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, considering different percentages of use of crushed glass. The results of the best specimens will be taken. In this case, a percentage of 10, 20 and 30% is proposed, with which it would be necessary to test a total of 54 test tubes with crushed glass instead of coarse aggregate, and 18 test tubes for conventional concrete.

It was discovered that for concrete  $f'_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup> with 10% crushed recycled glass, the average values of compressive strength at 7, 14 and 28 days of curing, resulting in values of 180.39 kg/cm<sup>2</sup>, 223.88 kg/cm<sup>2</sup>, and 260.36 kg/cm<sup>2</sup> respectively, which in percentages with respect to the required resistance are equivalent to 85.90%, 106.61% and 123.98% respectively.

It was discovered that for concrete  $f'_c= 175$  kg/cm<sup>2</sup> with 10% crushed recycled glass, the average values of compressive strength at 7, 14 and 28 days of curing, resulting in values of 149.01 kg/cm<sup>2</sup>, 180.53 kg/cm<sup>2</sup>, and 212.59 kg/cm<sup>2</sup> respectively, which in percentages with respect to the required resistance are equivalent to 85.15%, 103.16% and 121.48% respectively.

It is concluded that the optimal percentage that improves the resistance in the mix design is when applying 10% of crushed recycled glass instead of the coarse aggregate. Obtaining a greater resistance than the standard design, achieving 123.98% in concrete mix designs with  $f'_c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>, and 121.48% in concrete mix designs with  $f'_c= 175$  kg/cm<sup>2</sup>.

Keywords: Glass, Recycled, Crushed.

## I. INTRODUCCION

En la actualidad, el aumento en la generación de residuos sólidos ha llevado a una creciente preocupación por el impacto ambiental que estos generan. En este sentido, el reciclaje se ha convertido en una alternativa importante para reducir la cantidad de residuos que se envían a los vertederos y minimizar su impacto en el medio ambiente. Uno de los materiales que se puede reciclar y reutilizar es el vidrio, el cual tiene una amplia variedad de aplicaciones en la construcción.

La aplicación del vidrio reciclado triturado en el diseño de mezclas de concreto podría contribuir a la reducción de la cantidad de residuos enviados a los vertederos y a la disminución de la extracción de agregados naturales, lo que lo convierte en una alternativa sostenible para la industria de la construcción en el distrito de Ica.

En este trabajo, se investiga la Aplicación del vidrio reciclado triturado en el Diseño de Mezclas de concreto en el distrito de Ica. El objetivo principal de la investigación es evaluar la influencia del vidrio reciclado triturado en diferentes porcentajes en el diseño de mezclas de concreto, y su influencia en la resistencia a la compresión del concreto.

Para alcanzar este objetivo, se llevó a cabo un estudio experimental en el que se evaluó el comportamiento de las mezclas de concreto con diferentes porcentajes de vidrio reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso. Se realizaron ensayos de resistencia a la compresión del concreto para diseño de mezclas de concreto con  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , y con porcentajes de vidrio reciclado triturado en porcentajes de 10%, 20% y 30% en reemplazo del agregado grueso.

En el Capítulo I, se presentan la realidad problemática, los antecedentes y la justificación de la investigación, así como los objetivos específicos e hipótesis del tema investigado.

En el Capítulo II, se describe la metodología utilizada para llevar a cabo la investigación.

En el Capítulo III, se presenta los resultados del estudio incluyendo tablas y gráficos.

En el Capítulo IV, se presenta las discusiones donde se analizan, comparan e interpretan los resultados, en correspondencia con las bases teóricas establecidas, los criterios del autor y los de otros autores.

En el Capítulo V, se presenta las conclusiones más relevantes de la investigación.

En el Capítulo VI, se presenta las recomendaciones donde se hacen sugerencias del autor acerca de las posibilidades de profundización del estudio y/o realización de otros estudios relacionados al tema.

En el Capítulo VII, se presenta las referencias bibliográficas

En el Capítulo VIII, se presenta los anexos.

## **1.1 Realidad Problemática**

Actualmente en el distrito de Ica, no existe la industria del reciclaje de desperdicios o es muy incipiente e informal. Siendo el desperdicio de vidrios una fuente alternativa de material reutilizable para elaborar concretos, se pretende utilizar este material en reemplazo del agregado grueso y mediante una investigación experimental, determinar sus características físico mecánicas en relación a los concretos convencionales. Es posible también desarrollar combinaciones que permitan estudiar diversos comportamientos y obtener resultados óptimos. Todo ello tomando en cuenta las normativas de calidad y resistencia del concreto. Aunque se manifestó que en el distrito de Ica y en todo el departamento, no existe industria que procese los desperdicios de vidrio, los resultados de la investigación podrían llevar a demostrar la factibilidad técnica de su uso, a partir de la cual se puede promover una industria controlada dentro de los estándares de calidad, para procesar este desperdicio y que sirva para la industria de la construcción.

Solo en el distrito de Ica, se produce el 0.68% de desperdicios de vidrio de un total de 163.72 TM de desperdicios domiciliarios y del gobierno local, que se producen a diario. Esto significa un volumen diario de 1.11 TM por día, en un mes se producirían 33.40 TM de este material, suficiente para iniciar una industria de reciclado. En toda la provincia se producen 355.32 TM diarias.

De demostrarse la viabilidad técnica de la hipótesis de que el vidrio puede servir para elaborar concretos de mejor resistencia, se estaría aportando una solución alternativa para la construcción en el distrito de Ica y a la vez se aportaría una solución al Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Ica.

## **1.2 Antecedentes de la investigación**

### **1.2.1 Antecedentes a nivel internacional**

En 2017, J. B. Almeida y C. B. Trujillo [1] buscaron analizar los principios de la construcción sostenible utilizando vidrio triturado en la elaboración de Hormigones. Para este estudio se elaboran un total de 63 probetas de hormigón para las que se analiza la resistencia a compresión a los 7, 14, y 28 días, ensayando por cada edad 3 probetas diarias, se elaboran y ensayan 9 probetas para muestras de hormigón sin adición de vidrio, y 9 probetas para cada porcentaje establecido para el reemplazo del agregado fino por vidrio triturado en porcentajes del 30%, 32%, 34%, 36%, 38% y 40% para obtener una resistencia de 21MPa. Los instrumentos utilizados se encuentran conformadas por los ensayos que se realizaron en el Laboratorio de Ensayo de Materiales de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Central del Ecuador, bajo las Normas INEN 1576. Los resultados obtenidos nos permiten determinar que la mezcla en donde se reemplazó el 36% de agregado fino por vidrio triturado nos permite obtener la resistencia de diseño a edades tempranas además de

proveer mejor trabajabilidad y adherencia en sus componentes, estableciendo de esta manera que el vidrio triturado puede ser empleado como un material que aporte al desarrollo de la Construcción Sostenible.

En 2016, D. A. Peñafiel [2] buscó analizar la resistencia a compresión de probetas cilíndricas de hormigón dosificadas para un concreto con  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  empleando en su composición vidrio reciclado molido en remplazo parcial del agregado fino. Se elaboraron 45 probetas cilíndricas de hormigón, se hicieron nueve muestras para cada porcentaje de vidrio molido en la mezcla, los porcentajes usados fueron 10%, 20%, 30% y 40% de vidrio reemplazando en peso a la arena. Los instrumentos utilizados fueron los ensayos de laboratorio y las Normas INEN, ASTM. El ensayo de compresión a los 28 días de edad arrojó los siguientes resultados de resistencia  $227.73 \text{ kg/cm}^2$ ,  $224.09 \text{ kg/cm}^2$ ,  $223.66 \text{ kg/cm}^2$ ,  $221.68 \text{ kg/cm}^2$  y  $234.76 \text{ kg/cm}^2$ , para adición de vidrio molido del 0% - 10% - 20% - 30% y 40% respectivamente. Se evidencia tras los análisis que el porcentaje óptimo que mejora la resistencia al interactuar químicamente con el cemento es el 40% de vidrio molido en peso reemplazando a la arena, obteniendo una resistencia mayor a la del hormigón patrón, logrando 111.8% de la resistencia de diseño.

### **1.2.2 Antecedentes a nivel nacional**

En 2019, Y. E. Saravia [3] buscó aplicar vidrio triturado reemplazando el agregado grueso para diseño de mezcla de concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  en el distrito La Victoria – Chiclayo. La población estará constituida por 45 probetas elaboradas en el laboratorio de materiales de la Universidad César Vallejo Filial Chiclayo en el periodo 2018-II, en el cual se buscó realizar la aplicación de vidrio triturado reemplazando al agregado grueso al 10%, 15% y 20% del diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ . Los instrumentos utilizados fueron los diferentes formatos para cada tipología de ensayo, como ensayo granulométrico de agregados, y ensayo de diseño de mezclas, se considera como referencia normas técnicas peruana (NTP) que me permitirá el desarrollo para la investigación. De los resultados obtenidos se concluye verificando la resistencia incrementa conforme la edad del concreto en los ensayos realizados a los 28 días de un diseño de mezcla de concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  reemplazando al agregado grueso por vidrio triturado (templado). Siendo el porcentaje más favorable en alta resistencia 12.5% VT-óptimo ( $f'c = 282.3 \text{ Kg/cm}^2$ ) y en comparación al 10% VT ( $f'c = 257.7 \text{ Kg/cm}^2$ ), 15% VT ( $f'c = 239.0 \text{ Kg/cm}^2$ ) y 20% VT ( $f'c = 190.7 \text{ kg/cm}^2$ ).

En 2017, G. M. Walhoff [4] buscó Determinar la influencia del empleo de vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparando con el concreto convencional. Se elaboró 64 probetas de concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  empleando vidrio molido en reemplazo en peso del cemento portland en proporciones de 5%,10% y 15%. Los instrumentos utilizados fueron el ensayo granulométrico de los agregados y los ensayos de resistencia a la compresión del concreto empleando la Norma NTP 339.034 y ASTM C39. Al finalizar los ensayos de resistencia se determinó mediante la distribución que para obtener resistencias igual o mayor que el concreto convencional se remplace como máximo el cemento por vidrio hasta un 10% de su peso de acuerdo con esta investigación. No existe influencia significativa en costos de fabricación siendo que empleando vidrio molido con 5%, 10% y 15% el precio levemente aumente en un 1.52% ,3.04 %,4.56% que el concreto convencional.

### **1.2.3 Antecedentes a nivel local**

No hay antecedente local ni tesis relacionada con el proyecto de investigación.

## **1.3 Bases Teóricas de la Investigación**

### **1.3.1 Definición del vidrio**

El vidrio es un material inorgánico amorfo, duro, frágil y transparente que se produce al fundir una mezcla de sílice, carbonato sódico y cal a altas temperaturas. También se le puede agregar otros componentes como aluminio, magnesio, boro, hierro y otros para modificar sus propiedades físicas y químicas.

El vidrio se caracteriza por tener una estructura amorfa, es decir, no posee una estructura cristalina definida como otros materiales como el metal o la cerámica. Esto le confiere una serie de propiedades interesantes, como su transparencia, resistencia al agua y a la mayoría de los productos químicos, su estabilidad térmica y su capacidad de ser moldeado y trabajado en frío.

Además, el vidrio es un material 100% reciclable y puede ser reutilizado en la producción de nuevos objetos de vidrio sin perder sus propiedades. Por esta razón, el vidrio reciclado es cada vez más utilizado en la industria, ya que ayuda a reducir el impacto ambiental generado por la producción de vidrio nuevo.

### **1.3.2 Proceso de producción del vidrio**

El proceso de producción del vidrio comienza con la selección de las materias primas, que pueden incluir arena, piedra caliza, carbonato de sodio, carbonato de calcio y otros aditivos. Estas materias primas son luego mezcladas y molidas en un horno a altas temperaturas para formar una mezcla fundida.

El proceso comienza con la mezcla de materias primas en una fuente de calor, como un horno, donde se derriten a temperaturas de alrededor de 1500°C. El vidrio fundido se vierte en moldes o se extrae mediante soplado para dar forma a productos como botellas, ventanas, paneles solares, vidrio de laboratorio, entre otros.

El proceso también puede incluir pasos adicionales para mejorar las propiedades del vidrio, como la adición de óxidos metálicos para darle color o mejorar su resistencia a la temperatura o la abrasión. El vidrio también puede ser sometido a tratamientos térmicos para mejorar su resistencia y durabilidad.

Posteriormente, la mezcla fundida se vierte en moldes y se moldea en diferentes formas, tamaños y espesores según su uso final. El vidrio puede ser sometido a procesos adicionales, como el laminado o el templado, para aumentar su resistencia y durabilidad.

### **1.3.3 Tipos de vidrio**

Existen varios tipos de vidrio, que se clasifican según su composición y propiedades.

#### **a) Tipos de Vidrio según su composición**

Existen varios tipos de vidrio según su composición, algunos de los cuales son:

##### **Vidrio de sílice**

El vidrio de sílice, también conocido como vidrio fundido, es un tipo de vidrio que se produce a partir de sílice pura fundida. La sílice es el principal componente del vidrio, y se obtiene a partir de la arena de cuarzo. El vidrio de sílice se produce calentando la sílice hasta que se funde a altas temperaturas (aproximadamente 1700°C) y luego se enfría rápidamente para evitar la cristalización.

El vidrio de sílice se caracteriza por su alta resistencia térmica y química, lo que lo hace ideal para su uso en aplicaciones que requieren altas temperaturas y ambientes agresivos. Es un material muy utilizado en la industria de la electrónica, en la fabricación de hornos y equipos de laboratorio, en la construcción de reactores químicos y en la producción de fibras ópticas.

##### **Vidrio borosilicato**

El vidrio de borosilicato es un tipo de vidrio que se fabrica mediante la adición de boro al vidrio de sílice, lo que le da al vidrio ciertas propiedades únicas. El boro se utiliza en lugar de algunos de los átomos de silicio en la red de sílice, lo que resulta en una estructura más compleja y resistente que el vidrio de sílice.

El vidrio de borosilicato tiene una alta resistencia a los cambios de temperatura, lo que lo hace ideal para su uso en aplicaciones de alta temperatura, como vidrieras para hornos, cristalería para laboratorios, equipos para la industria química y productos de cocina, como utensilios para hornear y recipientes para

microondas. También es resistente a la corrosión y tiene una excelente estabilidad química, lo que lo hace ideal para su uso en aplicaciones donde el vidrio puede estar en contacto con productos químicos agresivos.

#### **Vidrio de plomo**

El vidrio de plomo es un tipo de vidrio que se produce a partir de una mezcla de óxido de plomo, sílice y otros ingredientes. El contenido de óxido de plomo en este vidrio suele ser del 18% al 40% en peso, lo que le confiere un brillo y una claridad excepcionales.

El vidrio de plomo también tiene una densidad más alta que el vidrio común y un mayor índice de refracción, lo que lo hace ideal para la producción de cristalería fina, como vasos, jarrones, copas de vino y otros objetos decorativos. Además, el vidrio de plomo es menos propenso a la formación de burbujas que otros tipos de vidrio, lo que lo hace especialmente adecuado para la producción de lentes ópticas y prismas.

#### **Vidrio de aluminosilicato**

El vidrio de aluminosilicato se produce a partir de materiales de vidrio primarios como la arena de sílice y la piedra caliza, a los que se agregan óxidos de aluminio y otros aditivos. La mezcla se funde a altas temperaturas en un horno de fusión y luego se enfría para formar el vidrio.

Este tipo de vidrio se utiliza comúnmente en la industria de la electrónica debido a su alta resistencia mecánica y química. También se utiliza en la fabricación de materiales resistentes a la corrosión y en la construcción de reactores químicos y plantas petroquímicas debido a su resistencia a altas temperaturas y productos químicos corrosivos.

#### **Vidrio de fosfato**

El vidrio de fosfato es un tipo de vidrio que se forma a partir de la fusión de fosfato de calcio con un ácido, generalmente ácido fosfórico. Es un material transparente con una alta resistencia a la corrosión y a altas temperaturas.

Este tipo de vidrio se utiliza en diversas aplicaciones, como en la fabricación de componentes electrónicos, como pantallas de visualización, sensores y electrodos. También se utiliza en la fabricación de implantes médicos, como prótesis óseas, debido a su compatibilidad con el tejido humano.

### **b) Tipos de vidrio según sus propiedades**

#### **Vidrio templado**

El vidrio templado es un tipo de vidrio de seguridad que se procesa mediante un tratamiento térmico controlado en el que se calienta el vidrio a una

temperatura cercana a su punto de reblandecimiento y luego se enfría rápidamente mediante un chorro de aire frío. Este proceso de enfriamiento rápido, conocido como templado, hace que el vidrio se endurezca y se vuelva más resistente a los impactos y la tensión térmica.

El vidrio templado se utiliza en aplicaciones donde se requiere una mayor resistencia mecánica y térmica, como en ventanas y puertas, mesas, estantes, pantallas de teléfonos móviles y tabletas, y en la industria del automóvil. Si se rompe, el vidrio templado se rompe en pequeños fragmentos redondeados en lugar de astillarse en fragmentos afilados, lo que lo hace menos peligroso en comparación con el vidrio sin templar.

### **Vidrio laminado**

El vidrio laminado es un tipo de vidrio de seguridad que se produce al unir dos o más hojas de vidrio con una capa intermedia de material plástico, generalmente de polivinil butiral (PVB). Este proceso se realiza mediante el uso de calor y presión, lo que resulta en una unión sólida entre las hojas de vidrio y la capa intermedia.

El vidrio laminado tiene varias ventajas sobre el vidrio ordinario, ya que la capa intermedia actúa como una barrera contra el sonido, la radiación UV y los impactos. El vidrio laminado se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo ventanas, puertas, fachadas de edificios, techos, barandillas, escaleras y paneles solares, entre otros.

### **Vidrio flotado**

El vidrio flotado es un tipo de vidrio plano producido por el proceso de flotado en el cual se hace flotar una capa de vidrio fundido sobre una cama de estaño fundido en un baño de vidrio fundido. Luego, se retira del baño de estaño y se somete a un proceso de enfriamiento y tratamiento térmico para mejorar su resistencia y durabilidad.

El vidrio flotado es ampliamente utilizado en la construcción, ya que es más resistente que el vidrio común y es menos propenso a romperse. También tiene propiedades térmicas y acústicas, lo que lo hace popular en ventanas y puertas de edificios. Además, puede ser sometido a procesos de recubrimiento para mejorar sus propiedades, como la reducción de la transmisión de calor y la luz, o para agregar propiedades decorativas.

### **Vidrio de baja emisividad (Low-E)**

El vidrio de baja emisividad (también conocido como vidrio de baja emisividad o vidrio de bajo E) es un tipo de vidrio recubierto con una capa de metal que reduce la cantidad de calor que se transfiere a través del vidrio. Esta capa

metálica puede ser de óxido de estaño, plata, oro u otro material, y se aplica mediante un proceso de deposición física de vapor.

El vidrio de baja emisividad se utiliza comúnmente en ventanas y puertas para mejorar la eficiencia energética de los edificios. La capa metálica refleja la radiación infrarroja, que es responsable de la transferencia de calor, hacia el exterior del edificio en invierno, manteniendo el calor interior. En verano, la capa metálica reduce la cantidad de radiación solar que entra al edificio, manteniendo el interior fresco.

### **Vidrio óptico**

Este tipo de vidrio se caracteriza por tener una alta transparencia en el rango de luz visible y una baja dispersión óptica, lo que significa que las diferentes longitudes de onda de la luz se propagan a velocidades similares a través del vidrio, minimizando la aberración cromática.

El vidrio óptico se produce a partir de una mezcla de materias primas cuidadosamente seleccionadas, que incluyen arena, carbonato de sodio, óxido de boro y otros aditivos. Estas materias primas se funden a altas temperaturas en un horno y se forman en láminas de vidrio mediante procesos de estirado y laminado.

El vidrio óptico de alta calidad se utiliza en aplicaciones de precisión, como la fabricación de lentes para telescopios y microscopios, mientras que el vidrio óptico de menor calidad se utiliza en aplicaciones más comunes, como la fabricación de gafas y lentes de contacto.

### **1.3.4 Propiedades del Vidrio**

El vidrio es un material con una amplia gama de propiedades, que pueden variar según el tipo y la composición del vidrio. Algunas de las propiedades más comunes del vidrio incluyen:

#### **Transparencia**

El vidrio es un material altamente transparente que permite la transmisión de la luz visible y otras longitudes de onda del espectro electromagnético, como los rayos ultravioletas e infrarrojos. La transparencia del vidrio se debe a su estructura molecular, que es muy uniforme y homogénea. Además, su superficie lisa y libre de porosidades también contribuye a la transparencia del vidrio. Es por esto que el vidrio se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones en las que la transparencia es esencial, como en las ventanas, los paneles solares, los lentes de cámaras y los microscopios, entre otros.

Cabe destacar que existen diferentes tipos de vidrio con grados de transparencia distintos, como el vidrio opaco, el vidrio translúcido y el vidrio transparente. El

vidrio opaco no permite la transmisión de la luz y se utiliza en aplicaciones como las botellas de vidrio. El vidrio translúcido permite la transmisión de la luz, pero difunde la luz en todas las direcciones, creando una superficie borrosa o mate. El vidrio transparente, por otro lado, permite la transmisión de la luz sin distorsión y es utilizado en aplicaciones en las que se requiere una alta calidad óptica.

### **Dureza**

La dureza del vidrio se refiere a su capacidad para resistir la deformación plástica o la abrasión. El vidrio es un material frágil y puede ser rayado o dañado fácilmente por materiales más duros. La dureza del vidrio depende de su composición química y de su método de producción. La dureza del vidrio también está relacionada con su resistencia a la fractura. Cuanto más duro sea el vidrio, más difícil será que se rompa, pero una vez que se produce una grieta, la fractura puede propagarse rápidamente a través del vidrio. Es por eso que se utilizan técnicas de templado y laminación para aumentar la resistencia y la durabilidad del vidrio en aplicaciones específicas.

### **Resistencia química**

La resistencia química del vidrio es una de sus propiedades más importantes. El vidrio es generalmente resistente a los ataques químicos de la mayoría de los productos químicos excepto el ácido fluorhídrico, ácido fosfórico concentrado y algunas bases fuertes. La resistencia química del vidrio se debe a su estructura molecular, que es una red tridimensional de tetraedros de silicio y oxígeno. Esta estructura molecular hace que los enlaces químicos en el vidrio sean muy fuertes, lo que lo hace resistente a la mayoría de los productos químicos.

El vidrio es utilizado comúnmente para almacenar productos químicos corrosivos, ya que es resistente a la mayoría de ellos. Sin embargo, ciertos productos químicos pueden causar daño al vidrio si se almacenan durante largos períodos de tiempo o si están expuestos a temperaturas extremas. Además, la resistencia química del vidrio puede verse afectada por factores como el tipo de vidrio, el espesor del vidrio y la forma en que se procesa el vidrio.

En general, el vidrio es resistente a la mayoría de los ácidos y bases débiles y moderados, así como a la mayoría de los disolventes orgánicos, pero puede ser atacado por ácidos y bases fuertes, disolventes fuertes y ciertos productos químicos específicos. Por lo tanto, es importante conocer las propiedades químicas del vidrio y los productos químicos con los que se utilizará para garantizar su seguridad y eficacia.

### **Aislamiento térmico**

El vidrio es un mal conductor de calor, lo que lo hace un buen aislante térmico. La capacidad de aislamiento térmico del vidrio se puede mejorar mediante la adición de

capas de materiales aislantes, como vidrios dobles o triples con una capa de aire o gas entre ellos, lo que aumenta la resistencia térmica del conjunto. Además, los vidrios de baja emisividad y los vidrios laminados también pueden ayudar a mejorar el aislamiento térmico al reducir la cantidad de calor que se transmite a través del vidrio. El uso de vidrios de baja emisividad, por ejemplo, permite que la radiación solar entre al edificio, pero reduce la cantidad de calor que se pierde a través del vidrio al reflejar parte del calor hacia el interior del edificio. Por otro lado, el vidrio laminado con capas intercaladas de materiales plásticos puede reducir la transferencia de calor y mejorar la eficiencia energética de los edificios.

### **Conductividad eléctrica**

El vidrio es un mal conductor de la electricidad, lo que significa que tiene una conductividad eléctrica muy baja. Esto se debe a que los átomos que componen el vidrio están unidos por enlaces covalentes, lo que significa que comparten electrones en lugar de tener electrones libres para conducir la electricidad. Además, el vidrio es un aislante eléctrico, lo que significa que es capaz de resistir la conducción eléctrica en situaciones de alta tensión y alta frecuencia. Por estas razones, el vidrio se utiliza a menudo en aplicaciones en las que se requiere un aislamiento eléctrico, como en la fabricación de transformadores y aisladores eléctricos.

### **Resistencia a la temperatura**

El vidrio tiene una resistencia relativamente alta a altas temperaturas en comparación con otros materiales como el plástico o la madera. Sin embargo, su resistencia a altas temperaturas depende de varios factores, como la composición del vidrio, la forma del vidrio, la tasa de enfriamiento, el tiempo de exposición a la alta temperatura y la carga aplicada al vidrio.

En general, la mayoría de los tipos de vidrio pueden soportar temperaturas de hasta 500-600 grados Celsius sin sufrir deformación o falla. Por encima de esta temperatura, el vidrio comienza a ablandarse y deformarse. Algunos tipos de vidrio pueden soportar temperaturas más altas, como el vidrio de borosilicato que se usa comúnmente en la industria química y de laboratorios, que puede soportar temperaturas de hasta 900 grados Celsius.

La resistencia del vidrio a altas temperaturas es importante en diversas aplicaciones, como en la fabricación de hornos, estufas y cocinas de vidrio. También es importante en la industria de la construcción, donde el vidrio se utiliza en ventanas y fachadas de edificios, y puede estar expuesto a altas temperaturas debido a la exposición directa al sol.

## **Reciclabilidad**

El vidrio es uno de los materiales más reciclables y sostenibles que existen. Puede ser reciclado indefinidamente sin perder calidad ni propiedades, y se puede reciclar tanto en su forma original como en otros productos de vidrio. La reciclabilidad del vidrio se debe a que es un material inerte y no reacciona con otros materiales en el proceso de reciclaje. Además, el vidrio reciclado requiere menos energía para producir que el vidrio nuevo a partir de materias primas, lo que reduce la huella de carbono y el consumo de recursos naturales. El vidrio reciclado también es utilizado en la fabricación de nuevos productos de vidrio, como botellas, frascos, vidrio plano y fibra de vidrio, entre otros.

### **1.3.5 Vidrio reciclado**

El vidrio reciclado es el vidrio que ha sido recuperado y procesado para su reutilización en lugar de desecharse en vertederos o incinerarse. El proceso de reciclaje de vidrio implica la recolección y separación de vidrio usado, la limpieza y la eliminación de materiales no vidriosos, y la trituración en partículas finas. Luego, este vidrio reciclado triturado se utiliza como materia prima en la fabricación de nuevos productos de vidrio, como botellas, vasos, ventanas y materiales de construcción.

El vidrio reciclado tiene varios beneficios ambientales, ya que reduce la cantidad de vidrio que termina en vertederos o incineradoras, lo que reduce la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire y del agua. Además, el reciclaje de vidrio reduce la extracción de materias primas, como la arena y la piedra caliza, que son necesarias para la fabricación de vidrio nuevo.

La utilización de vidrio reciclado en lugar de nuevos materiales puede reducir el impacto ambiental de la construcción, ya que reduce la cantidad de materias primas que se extraen y reduce la cantidad de residuos que se generan. Además, el uso de vidrio reciclado puede mejorar la eficiencia energética de los edificios, ya que el vidrio reciclado tiene propiedades de aislamiento térmico y puede reducir la necesidad de calefacción y refrigeración.

El vidrio reciclado es un material que se obtiene a partir del procesamiento de residuos de vidrio, que se trituran y se utilizan como agregado en la producción de concreto. Se ha demostrado que el vidrio reciclado tiene propiedades similares a las de los agregados tradicionales y puede ser utilizado en la producción de concreto con beneficios ambientales y económicos.



**Fig. 1.** Vidrio reciclado triturado

### **1.3.6 Características del vidrio reciclado**

Las principales características del vidrio reciclado son:

#### **Composición química**

El vidrio reciclado tiene la misma composición química que el vidrio original, lo que significa que puede ser utilizado para hacer nuevos productos de vidrio.

#### **Color**

El vidrio reciclado puede tener diferentes colores dependiendo del tipo de vidrio original que se recicló. Por ejemplo, el vidrio reciclado de botellas verdes tendrá un tono verde.

#### **Tamaño de partícula**

El vidrio reciclado puede ser triturado en diferentes tamaños de partícula, dependiendo de su aplicación. Por ejemplo, para su uso en la producción de concreto, el vidrio reciclado debe estar triturado en tamaños similares a los de la arena.

#### **Pureza**

La pureza del vidrio reciclado puede variar dependiendo del proceso de reciclaje utilizado. El vidrio reciclado producido mediante procesos avanzados de reciclaje tiene una pureza mayor que el vidrio reciclado producido mediante procesos convencionales.

#### **Propiedades mecánicas**

El vidrio reciclado puede tener propiedades mecánicas diferentes al vidrio original debido al proceso de reciclaje y al tamaño de partícula. Por ejemplo, el vidrio

reciclado con partículas más pequeñas puede tener una mayor resistencia a la compresión.

### **Sostenibilidad**

El uso de vidrio reciclado reduce la cantidad de vidrio que termina en los vertederos y disminuye la necesidad de materias primas vírgenes para la producción de vidrio nuevo. Esto tiene un impacto positivo en el medio ambiente y en la reducción de la huella de carbono.

#### **1.3.7 El concreto**

El concreto, también conocido como hormigón, es un material de construcción compuesto principalmente por cemento, agua, agregados gruesos (como grava o piedra triturada) y agregados finos (como arena). Estos componentes se mezclan en proporciones precisas para formar una mezcla homogénea que luego se vierte en moldes y se deja fraguar para obtener una estructura sólida y resistente. El concreto es ampliamente utilizado en la construcción de edificios, puentes, carreteras, presas, entre otros proyectos de ingeniería civil, debido a su resistencia, durabilidad y versatilidad.

#### **1.3.8 Propiedades del concreto**

Algunas de las propiedades más importantes del concreto incluyen la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción, la durabilidad, la permeabilidad, la trabajabilidad y la densidad. Estas propiedades están influenciadas por factores como la dosificación del concreto, la relación agua-cemento, el tamaño y la forma de los agregados, entre otros.

##### **a) Resistencia a la compresión**

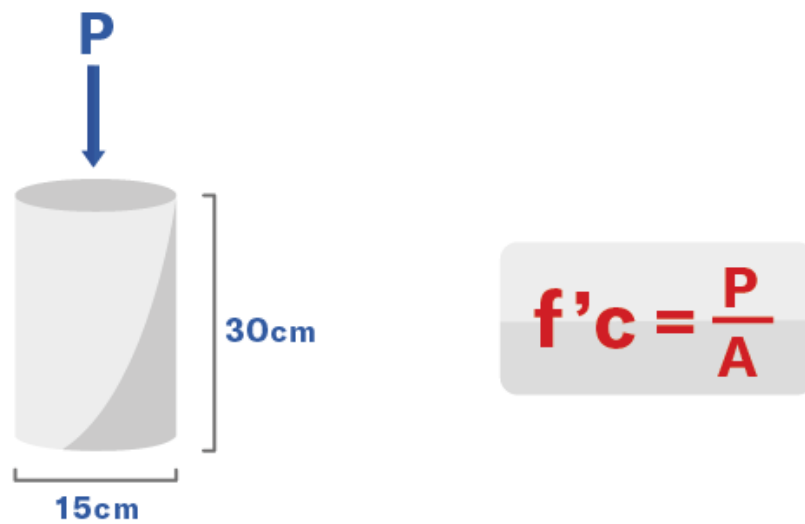
La resistencia a la compresión del concreto es una medida de la capacidad del material para soportar cargas de compresión sin sufrir deformación permanente. Se expresa en unidades de fuerza por área, típicamente en kg/cm<sup>2</sup>.

La resistencia a la compresión del concreto se determina mediante ensayos de compresión en cilindros o cubos de concreto. Estos especímenes se moldean y curan según estándares específicos antes de someterlos a una carga de compresión en una máquina de ensayo.

La resistencia a la compresión del concreto depende de varios factores, incluyendo la calidad y proporciones de los materiales de la mezcla de concreto, la relación agua/cemento, la edad y condiciones de curado del concreto, y la presencia de aditivos o refuerzos.

La resistencia a la compresión es una propiedad importante del concreto, ya que se utiliza para diseñar estructuras y determinar su capacidad de carga. También

se utiliza como un indicador de calidad del concreto en la construcción y como una medida de su durabilidad a largo plazo.



**Fig. 2.** Resistencia a la compresión

**b) Trabajabilidad**

La trabajabilidad del concreto se refiere a su capacidad para ser manejado, compactado y moldeado adecuadamente durante la construcción. Una buena trabajabilidad del concreto permite una colocación más fácil y rápida, y produce una superficie más uniforme y libre de defectos. Algunas de las propiedades que afectan la trabajabilidad del concreto son la consistencia, la plasticidad, la segregación y la resistencia al flujo. La trabajabilidad puede ser medida a través de pruebas específicas, como el asentamiento del cono y la mesa de sacudidas, entre otras. La trabajabilidad óptima del concreto varía según su uso y debe ser determinada por el diseñador y el contratista en cada caso particular.

**c) Durabilidad**

La durabilidad del concreto se refiere a su capacidad para resistir la acción de agentes agresivos y permanecer funcional durante un período de tiempo significativo sin necesidad de reparaciones o mantenimiento. Los agentes agresivos pueden ser químicos, físicos o biológicos y pueden incluir exposición a sustancias químicas corrosivas, ciclos de congelamiento y descongelamiento, abrasión, erosión, ataque biológico, entre otros.

La durabilidad del concreto es importante porque afecta su vida útil y su capacidad para cumplir con su función estructural y estética durante un período

de tiempo razonable. La falta de durabilidad puede resultar en fallas estructurales, pérdida de la integridad estética, costos de mantenimiento y reparación significativos, y potencialmente poner en riesgo la seguridad de las personas y la propiedad.

La durabilidad del concreto puede ser mejorada mediante el uso de mezclas adecuadas de materiales, la aplicación de técnicas de construcción apropiadas y la implementación de estrategias de mantenimiento y reparación efectivas. Además, la incorporación de materiales reciclados, como el vidrio triturado, en las mezclas de concreto puede tener un impacto positivo en la durabilidad al mejorar la resistencia a la corrosión y la abrasión, reducir la permeabilidad y aumentar la vida útil del concreto.

**d) Adherencia**

La adherencia del concreto se refiere a la capacidad del concreto fresco de unirse firmemente a la superficie de la armadura de acero y formar una unión monolítica. Una buena adherencia es esencial para garantizar que la estructura de concreto tenga la resistencia y la durabilidad necesarias para soportar las cargas y las condiciones ambientales a las que estará expuesta a lo largo de su vida útil.

La adherencia del concreto se puede mejorar mediante la utilización de un acero de refuerzo adecuado, la preparación adecuada de la superficie de la armadura de acero, el uso de aditivos específicos y la correcta dosificación y mezcla de los materiales del concreto.

**e) Impermeabilidad**

La impermeabilidad del concreto se refiere a la capacidad del material para resistir el paso del agua y otros líquidos a través de su estructura. Es una propiedad importante del concreto, especialmente en aplicaciones donde se requiere que el material sea resistente al agua o al ataque químico.

La impermeabilidad del concreto se puede mejorar mediante el uso de aditivos y otros materiales de construcción que reduzcan la porosidad del concreto y mejoren su densidad. Los aditivos impermeabilizantes, por ejemplo, pueden ser incorporados en la mezcla de concreto para reducir la cantidad de poros en el material y aumentar su resistencia al agua.

Además, la calidad de la compactación y curado del concreto puede tener un impacto significativo en su impermeabilidad. Una buena compactación del concreto puede ayudar a reducir la cantidad de poros en el material y, por lo

tanto, mejorar su resistencia al agua. El curado adecuado también es importante, ya que puede prevenir la formación de fisuras en la superficie del concreto que podrían permitir la entrada de agua.

En resumen, la impermeabilidad del concreto es una propiedad importante que puede ser mejorada mediante el uso de aditivos, una buena compactación y curado adecuado. Es especialmente importante en aplicaciones donde se requiere que el material sea resistente al agua o al ataque químico.

**f) Retracción**

La retracción del concreto es la disminución de su volumen debido a la pérdida de humedad durante el proceso de fraguado y endurecimiento. Esta retracción es un fenómeno natural que ocurre en todos los concretos, y puede generar tensiones internas que afectan su durabilidad y resistencia. Si la retracción es muy elevada, puede producir fisuras y grietas en la superficie del concreto, que pueden comprometer su resistencia y capacidad de protección frente a la penetración de agentes externos como el agua, los gases y las sales.

La retracción del concreto depende de diversos factores, entre ellos la cantidad y tipo de cemento utilizado, la relación agua-cemento, la temperatura y humedad ambientales, y el contenido de agregados y aditivos en la mezcla. Para minimizar la retracción del concreto, se pueden tomar medidas como utilizar cementos de baja retracción, disminuir la relación agua-cemento, agregar aditivos reductores de la retracción, y curar adecuadamente el concreto después de su colocación para evitar la pérdida excesiva de humedad.

**g) Resistencia al fuego**

La resistencia al fuego del concreto depende de muchos factores, como la calidad de los materiales utilizados en la mezcla de concreto, la densidad del concreto, la cantidad y calidad del agregado utilizado, la relación agua-cemento, la resistencia a la compresión del concreto, etc.

El concreto en sí mismo tiene una capacidad natural para resistir el fuego debido a su alta densidad y baja conductividad térmica. Sin embargo, el concreto puede agrietarse y romperse debido a las altas temperaturas y cambios bruscos de temperatura. Además, la calidad del concreto se degrada con la exposición a altas temperaturas.

Para mejorar la resistencia al fuego del concreto, se pueden agregar aditivos especiales a la mezcla de concreto, como fibras de vidrio o de acero, que aumentan la resistencia a la tracción y reducen la propagación de las grietas.

También se pueden agregar retardantes de llama para reducir la velocidad de propagación del fuego y los humos tóxicos. Además, se pueden utilizar técnicas de recubrimiento o aislamiento térmico para proteger la superficie del concreto y mejorar su resistencia al fuego.

#### **1.4 Marco Legal**

En el Perú, la producción y diseño de mezclas de concreto está regulado por diversas normas técnicas y estándares internacionales. Algunas de las normas y regulaciones más relevantes son:

- Norma Técnica Peruana NTP 334.009 [5]  
Esta norma establece las especificaciones técnicas para la producción de concreto en el país, incluyendo los requisitos para los materiales, la dosificación, el mezclado, el transporte, la colocación, el acabado y el curado del concreto.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.215 [6]  
Establece un procedimiento para la elaboración y curado de especímenes de concreto y para ensayarlos a edades tempranas. También cubre el procedimiento para el uso de resultados del ensayo de resistencia a la compresión a tempranas edades para proyectar el potencial de resistencias del concreto a edades mayores.
- Norma Técnica Peruana NTP 339.047 [7]  
Esta norma establece las definiciones y terminología relativas al concreto y agregados.
- Norma E.060 Concreto Armado [8]  
En esta norma se establecen los requisitos mínimos para el diseño de las estructuras de concreto, incluyendo los criterios de resistencia, estabilidad, durabilidad y seguridad.
- Normas y estándares internacionales  
Además de las normas técnicas peruanas, también existen normas y estándares internacionales que se utilizan en la producción y diseño de mezclas de concreto en el país, como la norma ASTM C33 [9] para los agregados, la norma ASTM C94 [10] para la producción de concreto fresco y la norma ACI 318 [11] para el diseño de estructuras de concreto.  
Es importante que los profesionales de la construcción en el Perú estén familiarizados con estas normas y regulaciones para garantizar la calidad y seguridad de las estructuras de concreto que se construyen en el país.

#### **1.5 Formulación del Problema**

##### **1.5.1 Problema general**

En consecuencia, a la descripción de la realidad problemática, se plantea el siguiente problema de investigación:

¿De qué manera la aplicación del vidrio reciclado triturado influye en el Diseño de Mezclas y en las propiedades del concreto en el distrito de Ica?

### **1.5.2 Problemas específicos**

Para identificar con mayor precisión el problema principal, se plantean además problemas específicos que abarcan tópicos de interés en forma de interrogantes cuyo fin es ampliar la visión del problema de investigación.

- ¿De qué manera el vidrio reciclado triturado influye en la resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Ica?
- ¿De qué manera los porcentajes del uso de vidrio reciclado triturado en diversas mezclas de concreto influyen en el mejoramiento de la resistencia a la compresión, en el distrito de Ica?

## **1.6 Justificación e importancia de la investigación**

### **1.6.1 Justificación**

La temática se orienta a la investigación de la influencia del uso del vidrio reciclado triturado en reemplazo en proporciones de agregado grueso, en la resistencia del concreto para ofrecer una alternativa técnica viable que sirva a la industria de la construcción, frente a problemas comunes como el desgaste y destrucción del concreto.

De la misma forma la alternativa aportaría en la reducción de la contaminación generada por el vidrio sobre el medio ambiente. Por ello se tiene como propósito entender la influencia del vidrio reciclado triturado en la resistencia a la compresión de la mezcla de agregados para concretos  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , siendo necesario evaluar su uso en diversos porcentajes hasta encontrar una mejor resistencia frente a concretos convencionales.

Para el distrito de Ica el uso de vidrio reciclado triturado en concretos es un tema no explotado que podría generar una industria especializada para beneficio de la construcción civil. Siendo el vidrio un material no degradable, su reciclaje resolvería un problema relacionado con la acumulación de este desperdicio en los rellenos sanitarios.

Según el Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la provincia de Ica [12], en 2012:

El distrito de Ica tiene una generación per cápita de los residuos sólidos domiciliarios (GPC) de 0.543 kg/hab/día, siendo el mayor en comparación con otros distritos como Los Aquijes, Parcona, Subtanjalla y La Tinguña.

Se puede apreciar que el componente orgánico es el de mayor porcentaje con 57,89% (Materia orgánica, Madera, follaje), seguido de residuos no aprovechables en 22,57%

(Tecnopor y similares, Caucho, Cuero, Jebe, Pilas, Restos de Medicinas, focos, etc., Residuos Sanitarios, Residuos inerte, Otros (porcelana, cera)) y los residuos reciclables en 19,54 % (Papel, Cartón, Vidrio, Plástico PET, Plástico rígido, Bolsas, Metal, Telas, Textiles); desglosando la parte principal para este estudio siendo un 0.68% de los desperdicios son vidrios.

### **1.6.2 Importancia**

Esta investigación busca mejorar la resistencia a la compresión en concretos de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  mediante el uso de vidrio reciclado triturado y fomentar el aprovechamiento de los recursos materiales reciclables, contribuyendo de esta forma a mejorar la resistencia estructural, a las condiciones del medio ambiente y ayudando al desarrollo económico de los pobladores de las regiones y su bienestar social.

Como investigación tiene importancia en la innovación de materiales de construcción y contribuiría al incremento del conocimiento de la especialidad en la solución de problemas específicos de la ciudad de Ica, gestionando la información relacionada con los materiales en la zona y desarrollando propuestas apropiadas en beneficio de la sociedad, el desarrollo local y las rutas, todo dentro de los campos de la ciencia y la ingeniería.

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo general**

El objetivo general del presente estudio es:

Aplicar vidrio reciclado triturado en diversas mezclas de concreto en el distrito de Ica, para mejorar la resistencia a la compresión del concreto.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la influencia del vidrio reciclado triturado en la resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Ica
- Determinar la influencia de los porcentajes de vidrio reciclado triturado en diversas mezclas de concreto para mejorar la resistencia a la compresión, en el distrito de Ica.

## **1.8 Hipótesis**

### **1.8.1 Hipótesis general**

La aplicación del vidrio reciclado triturado influye en las propiedades del concreto en el distrito de Ica.

### **1.8.2 Hipótesis específicas**

- El vidrio reciclado triturado influye en la resistencia a la compresión del concreto en el distrito de Ica.

- Los porcentajes del uso de vidrio reciclado triturado en diversas mezclas de concreto influyen en el mejoramiento de la resistencia a la compresión, en el distrito de Ica.

## 1.9 Variables de la investigación

### 1.9.1 Identificación de variables

#### Variable independiente

“La aplicación del vidrio reciclado triturado”

#### Variable dependiente

“El Diseño de Mezclas de concreto en el distrito de Ica”.

### 1.9.2 Operacionalización de variables

**Tabla I**  
Operacionalización de Variables

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
INDEPENDIENTE: Aplicación de vidrio reciclado triturado	Diseño de mezclas de concreto con la adición de diversos porcentajes de vidrio reciclado triturado	Uso de vidrio reciclado triturado	Porcentajes de vidrio
			Porcentajes de agregado grueso
			Cantidad de agua
			Porcentaje de cemento
DEPENDIENTE: Diseño de mezclas de concreto en el distrito de Ica	Evaluar las propiedades del concreto al adicionar vidrio reciclado triturado frente a mezclas convencionales	Propiedades mecánicas	Revenimiento o Slump
			Resistencia a la compresión a diferentes edades

## II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

### 2.1 Tipo, Nivel y Diseño de Investigación

#### 2.1.1 Tipo de investigación

La investigación cumple las condiciones de una investigación **cuantitativa**, del tipo **aplicada**, debido a que se basa en la obtención de datos a través de los ensayos e intenta utilizar los conocimientos adquiridos a través de su desarrollo en beneficio de la sociedad.

#### 2.1.2 Nivel de investigación

El nivel de investigación de la presente tesis es **explicativo**.

#### 2.1.3 Diseño de investigación

La investigación es un **diseño experimental** de tipo cuasi experimental, ya que se realizarán ensayos de laboratorio para la obtención de los respectivos resultados y así observar los cambios en la variable dependiente en una situación controlada por el investigador.

### 2.2 Población y Muestra

#### 2.2.1 Población de Estudio

Diseño de mezclas de concretos usando vidrio reciclado triturado y concreto convencional, en el cercado de Ica, distrito de Ica, provincia y departamento de Ica.

#### 2.2.2 Tamaño de la Muestra

Se usará un muestreo no probabilístico se ensayarán muestras a los 7, 14 y 28 días. Conforme a la norma técnica NTP 334.009 [5] se fabricará mínimo 3 probetas de concreto para las diferentes edades y para concretos estructurales de  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> y  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>, considerando diferentes porcentajes de uso de vidrio triturado. Se tomará los resultados de los mejores especímenes. En este caso se propone porcentajes de 10, 20 y 30%, con lo cual sería necesario ensayar un total de 54 probetas con vidrio triturado y 18 para concretos convencionales.

### 2.3 Técnicas e Instrumentos de investigación

#### 2.3.1 Técnicas de recolección de Datos

Las técnicas utilizadas en la investigación son: Observación de campo experimental y recopilación de información temática.

#### 2.3.2 Instrumentos de recolección de Datos

Los principales instrumentos que se aplicaron en las técnicas son: Equipo fotográfico, equipo para ensayos, fichas técnicas, equipo de cómputo.

### **2.3.3 Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de Datos**

Las técnicas de procesamiento utilizadas son: Recolección de datos, procesamiento de información, presentación y publicación de resultados. El análisis será cuantitativo y su interpretación de datos basada en las normas y manuales de diseño.

## **2.4 Procedimientos**

### **2.4.1 Aplicaciones del vidrio reciclado triturado**

El vidrio reciclado se utiliza en diversos campos, como la fabricación de envases, la construcción de edificios, la producción de vidrio aislante, la fabricación de vidrio celular y la elaboración de abrasivos y filtros.

El vidrio triturado es un material que ha encontrado diversas aplicaciones en distintas industrias. Algunas de las aplicaciones más comunes son:

#### **a) Aplicación del vidrio triturado en mezclas de concreto**

El vidrio reciclado triturado puede ser utilizado como un material sustituto parcial del agregado en las mezclas de concreto. La incorporación de vidrio reciclado en el concreto puede mejorar sus propiedades mecánicas, así como reducir el impacto ambiental al disminuir la cantidad de residuos que se envían a los vertederos.

Al utilizar vidrio reciclado como sustituto parcial del agregado, se ha encontrado que puede mejorar la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la durabilidad del concreto. También se ha encontrado que puede reducir la permeabilidad del concreto, lo que puede mejorar su durabilidad y resistencia a la corrosión.

Además, la incorporación de vidrio reciclado en las mezclas de concreto puede reducir la huella de carbono del concreto, ya que requiere menos energía para producir en comparación con la extracción y procesamiento de agregados naturales.

Es importante tener en cuenta que la cantidad de vidrio reciclado que se puede utilizar en una mezcla de concreto depende de varios factores, como la calidad del vidrio reciclado, el tamaño y forma de las partículas, y las proporciones de la mezcla. Por lo tanto, es necesario realizar pruebas para determinar la cantidad óptima de vidrio reciclado que se puede utilizar en una mezcla de concreto sin comprometer su calidad y resistencia.

#### **b) Aplicación del vidrio triturado en Pavimentación**

El vidrio triturado también se puede utilizar en pavimentación. Se ha demostrado que su uso en mezclas asfálticas mejora la resistencia a la

deformación permanente y al desgaste. Además, la incorporación de vidrio triturado puede reducir la porosidad de la mezcla asfáltica, lo que puede mejorar su durabilidad y resistencia a la fatiga.

El vidrio triturado también se puede utilizar en pavimentación de concreto. En este caso, se ha encontrado que puede mejorar la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión del concreto. Además, la incorporación de vidrio triturado puede reducir la cantidad de cemento necesario para la mezcla de concreto, lo que puede reducir los costos de producción y el impacto ambiental.

**c) Aplicación del vidrio triturado en Filtración**

El vidrio triturado también puede ser utilizado en aplicaciones de filtración, especialmente en la filtración de agua. El vidrio triturado se utiliza a menudo como un medio filtrante en los sistemas de tratamiento de agua, ya que es un material de alta calidad que puede proporcionar una filtración eficaz a través de procesos físicos y biológicos.

El vidrio triturado puede utilizarse en una variedad de aplicaciones de filtración de agua, tales como filtros de gravedad, filtros de arena y sistemas de lecho fluidizado. Además, el vidrio triturado es resistente a la corrosión y puede durar más tiempo que otros medios de filtración convencionales como la arena.

Además, el vidrio triturado también puede ser utilizado en la filtración de aire, donde se utiliza como medio filtrante en los filtros de aire de alta eficiencia (HEPA). Los filtros HEPA son utilizados en una variedad de aplicaciones, incluyendo la filtración del aire en salas limpias, hospitales y edificios comerciales.

**d) Aplicación del vidrio triturado en Fabricación de vidrio**

El vidrio triturado se puede utilizar como materia prima en la producción de vidrio. Su uso como materia prima puede contribuir a la reducción de la cantidad de materias primas vírgenes necesarias para la producción de vidrio.

En resumen, el vidrio triturado tiene diversas aplicaciones en distintas industrias, desde la construcción hasta la fabricación de vidrio y la decoración. Su uso como material alternativo puede mejorar algunas propiedades de los materiales producidos y contribuir a la sostenibilidad en las distintas industrias.

#### **2.4.2 Comportamiento del vidrio reciclado en el concreto**

El comportamiento del vidrio reciclado en el concreto ha sido objeto de numerosos estudios y pruebas. En general, se ha encontrado que la adición de vidrio reciclado a las mezclas de concreto puede mejorar ciertas propiedades, como la resistencia a la compresión, la resistencia a la abrasión y la durabilidad. También se ha demostrado que el vidrio reciclado puede ser utilizado en una variedad de aplicaciones de concreto, incluyendo la pavimentación, la fabricación de bloques y la construcción de estructuras de hormigón.

Varios estudios han investigado el comportamiento del vidrio reciclado en el concreto y han encontrado que puede mejorar la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto. Sin embargo, también se ha demostrado que la incorporación de vidrio reciclado puede disminuir la trabajabilidad y aumentar la porosidad del concreto.

A pesar de estos desafíos, se ha demostrado que la adición de vidrio reciclado puede tener un impacto positivo en la sostenibilidad del concreto y la reducción de residuos. Como tal, se espera que el uso del vidrio reciclado en el concreto continúe siendo una opción atractiva para los diseñadores y constructores en el futuro.

#### **2.4.3 Evaluación del comportamiento y las propiedades del vidrio reciclado en la producción de materiales de construcción**

La evaluación del comportamiento y las propiedades del vidrio reciclado en la producción de materiales de construcción es un tema de gran importancia en la actualidad, debido a la necesidad de desarrollar alternativas sostenibles y ecoamigables en la industria de la construcción. El uso de vidrio reciclado en la producción de materiales de construcción puede reducir significativamente la cantidad de residuos en los vertederos y disminuir la extracción de materiales vírgenes.

Diversos estudios han demostrado que el vidrio reciclado puede ser utilizado en la producción de materiales de construcción como el concreto, el asfalto y el mortero, entre otros. En el caso del concreto, el vidrio reciclado puede ser utilizado como reemplazo parcial de los agregados tradicionales, como la grava y la arena. Los resultados de diferentes investigaciones han demostrado que el vidrio reciclado puede mejorar las propiedades del concreto, como su resistencia a la compresión y la durabilidad.

Además, el uso de vidrio reciclado en la producción de materiales de construcción también puede contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, ya que la producción de vidrio a partir de materias primas vírgenes es una fuente importante de emisiones de CO<sub>2</sub>. Por lo tanto, la utilización de vidrio

reciclado en la producción de materiales de construcción puede ser considerada como una estrategia efectiva para reducir la huella de carbono de la industria de la construcción.

En resumen, la evaluación del comportamiento y las propiedades del vidrio reciclado en la producción de materiales de construcción es un tema de gran relevancia, ya que puede contribuir a la sostenibilidad y la ecoeficiencia de la industria de la construcción. La utilización de vidrio reciclado en la producción de materiales de construcción puede mejorar las propiedades de los materiales, reducir la cantidad de residuos en los vertederos y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.

#### **2.4.4 Diseño de mezclas de concreto**

El diseño de mezclas de concreto es el proceso de determinar la proporción adecuada de cada uno de los materiales que se utilizan para fabricar el concreto. Esto incluye cemento, agua, agregados gruesos, agregados finos y, en algunos casos, aditivos.

El objetivo del diseño de mezclas de concreto es producir una mezcla que tenga las propiedades necesarias para cumplir con los requisitos de la obra en términos de resistencia, durabilidad, trabajabilidad y economía. Para lograr esto, se debe considerar el tipo de estructura que se va a construir, las condiciones ambientales y la disponibilidad de los materiales.

El proceso de diseño de mezclas de concreto generalmente se realiza utilizando ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de los materiales y las propiedades del concreto endurecido. Los ensayos de laboratorio incluyen la determinación de la resistencia a la compresión, la absorción de agua, la densidad, la trabajabilidad y otras propiedades relevantes.

A partir de los resultados de los ensayos de laboratorio, se pueden establecer las proporciones adecuadas de los materiales para producir una mezcla de concreto que cumpla con los requisitos de la obra. La mezcla final debe ser revisada y ajustada en función de las condiciones específicas de la obra y las limitaciones de los materiales disponibles.

Según A. Neville [13], el diseño de mezclas de concreto es un proceso que implica la selección de los materiales adecuados y la determinación de las proporciones óptimas de cada uno para lograr las propiedades deseadas en el concreto. El diseño de mezclas de concreto es importante para garantizar la calidad y la consistencia del producto final.

## **2.4.5 Componentes de la mezcla de concreto**

### **a) Cemento**

El cemento es un material aglutinante utilizado en la construcción para unir diferentes elementos y formar estructuras. Es un polvo fino que se mezcla con agua y otros materiales como arena, grava y aditivos para producir el concreto. Existen varios tipos de cemento utilizados en la construcción, pero el más común es el cemento Portland. El cemento Portland es un tipo de cemento hidráulico hecho de clínker de cemento, yeso y materiales adicionales como piedra caliza, escoria de alto horno y ceniza volante. El proceso de producción del cemento Portland implica la trituración de los ingredientes crudos, la cocción del clínker en un horno rotatorio a alta temperatura y la molienda del clínker en un molino de bolas junto con yeso para producir el cemento.

El cemento Portland tiene propiedades hidráulicas, lo que significa que se endurece y se endurece al reaccionar con el agua para formar una masa sólida y resistente. Además, el cemento Portland tiene una buena resistencia a la compresión y es capaz de soportar cargas pesadas. Sin embargo, también es susceptible a la fisuración y la contracción a medida que se seca y endurece, lo que puede afectar la durabilidad y la integridad de la estructura en la que se utiliza.

En general, el cemento es un componente crucial en el diseño de mezclas de concreto y es importante seleccionar el tipo adecuado de cemento para garantizar que el concreto tenga las propiedades deseadas.

### **b) Agua**

El agua es uno de los componentes principales del concreto y juega un papel crucial en la hidratación del cemento Portland. El agua actúa como un medio para que las partículas de cemento se hidraten y formen una pasta que se adhiere a los agregados. Además, el agua proporciona la fluidez necesaria para el concreto fresco y ayuda a facilitar el proceso de colocación, compactación y acabado del concreto.

La cantidad de agua utilizada en la mezcla de concreto se debe controlar cuidadosamente, ya que demasiado agua puede debilitar la resistencia del concreto y afectar su durabilidad.

### **c) Agregados**

Los agregados son componentes del concreto que representan la mayor parte de su volumen y se utilizan para reforzar y aumentar la resistencia del material.

Están formados por materiales pétreos, como grava, arena y piedra triturada, y pueden ser naturales o artificiales.

La grava es un agregado grueso que se compone de partículas de roca que miden entre 2 y 64 mm de diámetro. La arena es un agregado fino que se compone de partículas de roca que miden entre 0,063 y 2 mm de diámetro. La piedra triturada es un agregado que se compone de roca que ha sido triturada en diferentes tamaños y puede variar en diámetro desde menos de 6 mm hasta más de 75 mm.

Además de proporcionar resistencia, los agregados también ayudan a reducir la contracción y la expansión del concreto durante el curado y proporcionan una superficie de anclaje para el acero de refuerzo.

#### **d) Aditivos**

Los aditivos son componentes que se añaden intencionalmente a la mezcla de concreto durante la mezcla, con el fin de mejorar alguna de sus propiedades o características, como la trabajabilidad, la resistencia, la durabilidad, la cohesión, el fraguado, la adherencia, la permeabilidad, entre otras. Estos aditivos pueden ser de origen químico o mineral y se utilizan en diferentes proporciones según las necesidades de la mezcla. Los aditivos se clasifican en diferentes tipos según su función, como aditivos reductores de agua, aceleradores de fraguado, retardantes de fraguado, plastificantes, inhibidores de corrosión, entre otros.

#### **2.4.6 Dosificación del concreto**

La dosificación del concreto se refiere a la proporción de los diferentes materiales que se utilizan para preparar una mezcla de concreto. La dosificación adecuada es esencial para garantizar que el concreto tenga las propiedades deseadas, como resistencia, durabilidad y trabajabilidad.

Los materiales que se utilizan para dosificar el concreto son cemento, agregados (grava y arena), agua y aditivos. La cantidad de cada material en la mezcla de concreto depende de las características deseadas del concreto, como la resistencia, la trabajabilidad, la durabilidad y el tiempo de fraguado.

La dosificación adecuada del concreto es fundamental para obtener un concreto de alta calidad y resistencia adecuada. Si la dosificación es incorrecta, el concreto puede presentar problemas de resistencia, trabajabilidad, durabilidad y otros. Por lo tanto, es importante seguir las especificaciones técnicas y las normas para la dosificación del concreto, para garantizar que el concreto tenga las propiedades deseadas y sea adecuado para su uso previsto.

#### **2.4.7 Métodos de mezcla y colocación del concreto**

Existen varios métodos para mezclar y colocar el concreto, incluyendo la mezcla manual, la mezcla en plantas dosificadoras, la colocación con bomba y la colocación con camión mezclador. Cada método tiene sus propias ventajas y desventajas, y debe seleccionarse en función de las necesidades específicas del proyecto.

La colocación del concreto es el proceso en el que se vierte y se distribuye el concreto en el lugar donde se utilizará, con el fin de lograr la forma y las dimensiones deseadas. El objetivo es colocar el concreto en su posición final, de manera que se compacte adecuadamente y se eliminen los vacíos o bolsas de aire.

#### **2.4.8 Ensayos**

##### **a) Ensayo de granulometría**

El ensayo de granulometría es una prueba utilizada para determinar la distribución de tamaños de partículas en un agregado. Se utiliza para conocer las propiedades de los agregados que afectan la calidad del concreto, como la trabajabilidad, la resistencia y la durabilidad.

El ensayo implica pasar el agregado por una serie de tamices con aberturas graduadas y pesar la cantidad retenida en cada tamiz. Los tamices están colocados uno encima del otro, comenzando con el tamiz de abertura más grande en la parte superior y terminando con el tamiz de abertura más pequeña en la parte inferior. Se agita el tamiz y se pasa el agregado por él durante un tiempo determinado, y luego se pesa la cantidad de agregado retenido en cada tamiz.

Los resultados de este ensayo se presentan en forma de un gráfico llamado curva granulométrica, que muestra la distribución de tamaños de partículas en el agregado. La curva se traza con el tamaño de las partículas en el eje horizontal y el porcentaje de agregado que pasa a través de cada tamiz en el eje vertical.

El ensayo de granulometría es importante porque permite conocer la distribución de tamaños de partículas en el agregado y seleccionar la proporción adecuada de agregados para obtener una mezcla de concreto de calidad.



**Fig. 3.** Ensayo de Granulometría

**b) Ensayo de absorción de agua de los agregados**

El ensayo de absorción de agua de los agregados se utiliza para determinar la cantidad de agua que un agregado retiene después de ser sumergido en agua durante un tiempo determinado. Este ensayo es importante ya que el agua absorbida por los agregados puede afectar la cantidad de agua necesaria en la mezcla de concreto y, por lo tanto, afectar su resistencia y durabilidad.

El ensayo se realiza pesando una muestra seca de agregado y sumergiéndola en agua durante un tiempo específico. Luego, se retira la muestra del agua, se la seca superficialmente y se la pesa nuevamente. La diferencia entre los pesos antes y después de la inmersión se utiliza para determinar el porcentaje de absorción de agua del agregado.

Los límites de absorción de agua para los agregados utilizados en la mezcla de concreto varían según las normas y estándares de cada país o región, pero generalmente se establece un límite máximo de absorción de agua para garantizar la calidad y durabilidad del concreto.

**c) Ensayo de densidad de los agregados**

El ensayo de densidad de los agregados se utiliza para determinar la densidad aparente y la densidad real de los agregados. La densidad aparente se refiere a la masa de los agregados dividida por su volumen aparente, mientras que la densidad real se refiere a la masa de los agregados dividida por su volumen real.

El procedimiento del ensayo es el siguiente:

- Se toma una muestra de agregados representativa y se seca en un horno a una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  hasta que se alcance una masa constante.
- Se llena un recipiente graduado con agua a una temperatura de  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$  hasta la mitad.
- Se agrega la muestra de agregados al recipiente hasta que se llene completamente.
- Se agita suavemente el recipiente para liberar las burbujas de aire atrapadas.
- Se completa el llenado del recipiente con agua.
- Se mide la masa del recipiente lleno de agua y se calcula la masa del agua utilizando la densidad del agua a  $22 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .
- Se determina la densidad aparente dividiendo la masa de los agregados secos por el volumen aparente del recipiente.
- Se determina la densidad real dividiendo la masa de los agregados secos por el volumen real del recipiente, que es igual a la masa del recipiente lleno de agua menos la masa del agua.

El ensayo de densidad de los agregados es importante para garantizar que se cumplan los requisitos de densidad especificados en las normas de construcción y para asegurar que la mezcla de concreto tenga las propiedades mecánicas y físicas adecuadas.

**d) Ensayo de resistencia a la compresión del concreto**

El ensayo de resistencia a la compresión del concreto es un procedimiento estándar utilizado para evaluar la capacidad del concreto para soportar cargas de compresión. Se utiliza comúnmente para evaluar la calidad del concreto en la producción de elementos estructurales como vigas, columnas y losas, así como en la evaluación de la resistencia a largo plazo del concreto.

El ensayo se realiza en una probeta de concreto de dimensiones específicas, que se fabrica y se cura de acuerdo con ciertos procedimientos estándar. Después de un período de curado específico, la probeta se coloca en una máquina de ensayo de compresión y se aplica una carga axial creciente hasta que la probeta se fractura. La carga máxima sostenida antes de la falla se registra como la resistencia a la compresión del concreto.

La resistencia a la compresión del concreto se utiliza para determinar si el concreto cumple con las especificaciones de diseño, y también se utiliza para evaluar la calidad del concreto en la producción. Los resultados del ensayo se expresan en unidades de fuerza divididas por unidades de área, generalmente en kg/cm<sup>2</sup>.

**e) Ensayo de asentamiento o slump test**

El ensayo de asentamiento o slump es uno de los métodos utilizados para medir la consistencia o la fluidez del concreto fresco. Este ensayo mide la cantidad de asentamiento que experimenta una muestra de concreto fresco cuando se somete a una carga controlada.

El ensayo se realiza colocando una muestra de concreto fresco en un molde cónico estándar y luego compactando la muestra en capas uniformes. Una vez que se ha llenado el molde, se retira el molde y se mide la cantidad de asentamiento que experimenta la muestra. El asentamiento se mide desde la parte superior del molde hasta la altura de la muestra compactada.

El asentamiento del concreto es un indicador de su consistencia o fluidez. Una mayor cantidad de asentamiento indica un concreto más fluido, mientras que un menor asentamiento indica un concreto más consistente o rígido. El resultado del ensayo de slump se utiliza para determinar si el concreto es adecuado para su uso en una determinada aplicación.



**Fig. 4.** Ensayo de asentamiento o slump

**f) Ensayo de contenido de aire**

El ensayo de contenido de aire en el concreto es utilizado para medir la cantidad de aire atrapado dentro de la mezcla de concreto. El aire atrapado puede ser el resultado de la incorporación de un aditivo o simplemente aire atrapado durante el proceso de mezclado. La cantidad de aire presente en el concreto es importante ya que puede afectar la resistencia, la durabilidad y la trabajabilidad del concreto.

El ensayo se realiza en una muestra de concreto fresco y consiste en colocar la muestra en un cilindro y someterla a una serie de golpes y vibraciones para eliminar el aire atrapado. Luego, se mide la altura de la muestra y se compara con la altura original del cilindro para determinar el porcentaje de aire en la muestra.

Existen diferentes métodos para realizar el ensayo de contenido de aire, pero uno de los más comunes es el método de presión de aire. En este método, se utiliza un equipo especializado que aplica presión de aire a la muestra de concreto y mide la cantidad de aire presente. Los resultados del ensayo de contenido de aire se expresan como porcentaje de volumen del aire en la muestra de concreto.

**g) Ensayo de densidad del concreto**

El ensayo de densidad del concreto se utiliza para determinar la densidad del concreto fresco y endurecido. Esta densidad se expresa comúnmente en unidades de masa por volumen, como kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ).

Para realizar este ensayo se requiere una muestra de concreto que puede ser obtenida de diferentes formas dependiendo del objetivo del ensayo. Por ejemplo, para determinar la densidad del concreto fresco se toma una muestra del concreto recién mezclado antes de que comience el fraguado. Mientras que para determinar la densidad del concreto endurecido se deben tomar núcleos o cilindros del concreto que ya ha fraguado y endurecido.

El procedimiento para realizar el ensayo de densidad del concreto fresco implica medir el volumen de la muestra y pesarla. A partir de estos datos se puede calcular la densidad del concreto fresco. Por otro lado, para determinar la densidad del concreto endurecido se debe medir el volumen y el peso de los núcleos o cilindros y luego calcular la densidad.

Este ensayo es importante ya que permite verificar que la densidad del concreto cumpla con los requisitos especificados en las normas técnicas y de calidad para el tipo de estructura o elemento que se va a construir. Una densidad adecuada es importante para asegurar la resistencia y durabilidad del concreto en servicio.

### III. RESULTADOS

En la presente investigación se realizó una serie de ensayos para evaluar las propiedades de los agregados a utilizar en el diseño de mezclas, así como las propiedades del concreto con diferentes porcentajes de sustitución del agregado grueso por vidrio reciclado triturado. Los resultados obtenidos permitieron determinar el efecto del vidrio reciclado triturado en la resistencia del concreto en el distrito de Ica. A continuación, se presentan los resultados de la investigación.

#### 3.1 Análisis de los Agregados

##### 3.1.1 Análisis del Agregado Grueso

El agregado grueso utilizado en el diseño de mezclas proviene de la cantera de Yaurilla ubicado en el Centro Poblado de Yaurilla, perteneciente al distrito de Parcona, provincia de Ica, Departamento de Ica.

**Tabla II**  
Análisis del Agregado Grueso

Propiedades	Medidas	Unidad
Peso Especifico	2.70	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Natural	0.46	%
% de Absorción.	0.59	%
Peso Volumétrico Suelto.	1,476.00	kg/m <sup>3</sup>
Peso Volumétrico Compactado	1,564.00	kg/m <sup>3</sup>

##### 3.1.2 Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

Para el análisis granulométrico se tomó una muestra de agregado grueso de peso de 5000 gr.

**Tabla III**  
Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

MALLAS O TAMICES	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA	% RETENIDO ACUMULADO
2"	0	0	0	0.00
1 1/2"	0	0	100	0.00
1"	0	0	100	0.00
3/4"	0	0.00	100.00	0.00
1/2"	2,263.90	43.35	46.95	43.35
3/8"	1,589.20	28.23	18.72	71.58
4	1,130.30	16.13	2.60	87.71
FONDO	16.60	2.60	0.00	100.00

Nota: Tamaño máximo nominal de 1/2"

### 3.1.3 Análisis del Agregado Fino

El agregado fino utilizado en el diseño de mezclas proviene de la cantera del Rio Ica ubicado en el centro de Ica, perteneciente al distrito de Ica, provincia de Ica, Departamento de Ica.

**Tabla IV**  
Análisis del Agregado Fino

Propiedades	Medidas	Unidad
Peso Especifico	2.80	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Natural	0.80	%
% de Absorción.	0.59	%
Peso Volumétrico Suelto.	1,513.00	kg/m <sup>3</sup>
Peso Volumétrico Compactado	1,606.00	kg/m <sup>3</sup>

### 3.1.4 Análisis Granulométrico del Agregado Fino

Para el análisis granulométrico se tomó una muestra de agregado fino de peso de 1000 gr.

**Tabla V**  
Análisis Granulométrico del Agregado Fino

MALLAS O TAMICES	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA	% RETENIDO ACUMULADO
3/8"	0	0	100.00	0
4	12.2	1.22	98.78	1.22
8	18.50	1.85	96.93	3.07
16	71.40	7.14	89.79	10.21
30	276.20	27.62	62.17	37.83
50	414.00	41.40	20.77	79.23
100	170.60	17.06	3.70	96.29
200	29.90	2.99	0.71	99.28
FONDO	7.20	0.72	0.00	100.00

Nota: Resultando el módulo de fineza de 2.28.

## 3.2 Diseño de mezclas de concreto

### 3.2.1 Diseño de mezcla de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

El presente diseño de mezcla ha sido diseñado con un T.M.= 1/2", un asentamiento o slump de 3" a 4", y una relación de  $a/c = 0.57$ .

#### PASO 1: Selección del Asentamiento

Para una consistencia plástica se tomará un asentamiento o slump de 3" a 4".

#### PASO 2: Selección del Tamaño Máximo del Agregado

El presente diseño de mezcla ha sido diseñado con un T.M.= 1/2"

### PASO 3: Estimación del contenido y contenido de aire

**REQUERIMIENTOS APROXIMADOS DE AGUA DE MEZCLADO Y DE CONTENIDO DE AIRE PARA DIFERENTES VALORES DE ASENTAMIENTO Y TAMAÑOS MÁXIMOS DE AGREGADOS. \***

ASENTAMIENTO O SLUMP	Agua en l/m <sup>3</sup> de concreto para los tamaños máximos de agregados gruesos y consistencia indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
<b>CONCRETOS SIN AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	205	200	185	180	160	155	145	125
3" a 4"	225	220	200	195	175	170	160	140
6" a 7"	240	230	210	205	185	180	170	---
Cantidad aproximada de aire atrapado, en porcentaje	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
<b>CONCRETOS CON AIRE INCORPORADO</b>								
1" a 2"	180	175	165	160	145	140	135	120
3" a 4"	200	190	180	175	160	155	150	135
6" a 7"	215	205	190	185	170	165	160	---
Promedio recomendado para el contenido total de aire, en porcentaje.	8	7	6	5	4.5	4	3.5	3

\* Estas cantidades de agua de mezclado se utilizarán en el cálculo del factor cemento en mezclas de prueba. Son valores máximos para agregado grueso angular y bien formado, y cuya granulometría está dentro de las especificaciones aceptadas (ASTM C 33 ó ITINTEC 400.037) Los valores del asentamiento en concretos que contienen agregados con tamaño máximo mayor de 1 1/2", están basados en ensayos de asentamientos hechos después de retirar, por cernido húmedo las partículas mayores de 1 1/2".

Fig. 5. Requerimientos aproximados de agua de mezcla y contenido de aire [14]

La cantidad de agua será de 220 lts/m<sup>3</sup>, y el aire atrapado será de 2.5%.

### PASO 4: Selección de Relación Agua-Cemento

**RELACION AGUA- CEMENTO Y RESISTENCIA A LA COMPRESION DEL CONCRETO**

RESISTENCIA A LA COMPRESION A LOS 28 DIAS (f <sub>cp</sub> ) (kg/cm <sup>2</sup> )*.	RELACION AGUA- CEMENTO DE DISEÑO EN PESO	
	CONCRETO SIN AIRE INCORP.	CONCRETO CON AIRE INCORP.
450	0.38	---
400	0.43	---
350	0.48	0.40
300	0.55	0.46
250	0.62	0.53
200	0.70	0.61
150	0.80	0.71

Fig. 6. Relación agua-cemento y resistencia a la compresión del concreto [14]

De la tabulación de la tabla se puede determinar que la relación a/c será de 0.57.

### **PASO 5: Cálculo del contenido de Cemento**

Contenido de Cemento= Agua de mezclado (kg/m<sup>3</sup>) / relación a/c

Contenido de Cemento= 220 kg/m<sup>3</sup> / 0.57

Contenido de Cemento= 386 kg/m<sup>3</sup>.

### **PASO 6: Cálculo del contenido de Agregado Grueso**

Contenido Agregado Grueso= Volumen agregado grueso x Peso unitario Seco y Compactado

Contenido de Agregado Grueso= 0.65 x 1564 kg/m<sup>3</sup>

Contenido de Agregado Grueso= 1016 kg/m<sup>3</sup>

### **PASO 7: Cálculo del contenido de Agregado Fino**

#### Método de los Pesos

Peso de agregado fino= Peso del concreto- (Peso del A.G.+ Peso cemento + Peso de agua)

Peso de agregado fino = 2400 – (1016 + 386 + 220) = 778 kg/m<sup>3</sup>

#### Método de los Volúmenes Absolutos

Cemento = 386 / (3.15x1000) = 0.1195 m<sup>3</sup>

Agua = 220 /1000 = 0.22 m<sup>3</sup>

Aire atrapado = 2.5/100= 0.025 m<sup>3</sup>

Agregado grueso= 1016 / (2.7x1000) =0.3641 m<sup>3</sup>

Total Volumen= 0.7286 m<sup>3</sup>

Volumen Ab. Agregado Fino= 1 -0.7286 = 0.2714 m<sup>3</sup>

Peso Agregado Fino= 0.2714 x (2.8 x 1000)

Peso Agregado Fino= 765 kg/m<sup>3</sup>

### **PASO 8: Ajustes por Contenidos de Humedad**

Se procede a ajustar los valores por Contenido de Humedad, obteniendo la siguiente tabla:

**Tabla VI**

Calculo de cantidad de materiales para f<sup>'</sup>c= 210kg/cm<sup>2</sup>

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Sol Tipo I - Portland	388	Kg/m <sup>3</sup>
Arena	760	Kg/m <sup>3</sup>
Piedra 1/2"	1010	Kg/m <sup>3</sup>
Agua	220	Lts/m <sup>3</sup>

Nota:Se calculó la dosificación a emplear para este diseño.

## PASO 9: Expresiones de las Proporciones en Peso y Volumen

**Tabla VII**

Dosificación para diseño de mezcla de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Proporciones	Cemento	Arena	Piedra	Agua (Lt/bolsa)
Proporción en Peso	1	1.96	2.62	24.23
Proporción en Volumen	1	1.95	2.63	24.23

### **Vidrio reciclado triturado al 10% en reemplazo del agregado grueso en diseño de mezclas de concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$**

Se reemplazó el agregado grueso por vidrio reciclado triturado en un porcentaje del 10%.

Se calculó la cantidad de materiales para este diseño.

**Tabla VIII**

Calculo de cantidad de materiales para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 10%

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Sol Tipo I - Portland	388	Kg/m3
Arena	760	Kg/m3
Piedra 1/2"	909	Kg/m3
Agua	220	Lts/m3
Vidrio reciclado triturado	101	Kg/m3

Se calculó la dosificación a emplear para este diseño.

**Tabla IX**

Dosificación para diseño de mezcla de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 10%

Proporciones	Cemento	Arena	Piedra	Agua (Lt/bolsa)	Aire
Proporción en Peso	1	1.96	2.36	24.23	0.26
Proporción en Volumen	1	1.95	2.37	24.23	0.26

### **Vidrio reciclado triturado al 20% en reemplazo del agregado grueso en diseño de mezclas de concreto $f'c=210\text{ kg/cm}^2$**

Se reemplazó el agregado grueso por vidrio reciclado triturado en un porcentaje del 20%.

Se calculó la cantidad de materiales para este diseño.

**Tabla X**

Calculo de cantidad de materiales para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 20%

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Sol Tipo I - Portland	388	Kg/m3
Arena	760	Kg/m3
Piedra 1/2"	808	Kg/m3
Agua	220	Lts/m3
Vidrio reciclado triturado	202	Kg/m3

Se calculó la dosificación a emplear para este diseño.

**Tabla XI**

Dosificación para diseño de mezcla de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 20%

Proporciones	Cemento	Arena	Piedra	Agua (Lt/bolsa)	Aire
Proporción en Peso	1	1.96	2.10	24.23	0.52
Proporción en Volumen	1	1.95	2.11	24.23	0.53

**Vidrio reciclado triturado al 30% en reemplazo del agregado grueso en diseño de mezclas de concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$**

Se reemplazó el agregado grueso por vidrio reciclado triturado en un porcentaje del 30%.

Se calculó la cantidad de materiales para este diseño.

**Tabla XII**

Calculo de cantidad de materiales para  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 30%

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Sol Tipo I - Portland	388	Kg/m3
Arena	760	Kg/m3
Piedra 1/2"	707	Kg/m3
Agua	220	Lts/m3
Vidrio reciclado triturado	303	Kg/m3

Se calculó la dosificación a emplear para este diseño.

**Tabla XIII**

Dosificación para diseño de mezcla de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 30%

Proporciones	Cemento	Arena	Piedra	Agua (Lt/bolsa)	Aire
Proporción en Peso	1	1.96	1.83	24.23	0.79
Proporción en Volumen	1	1.95	1.84	24.23	0.79

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

El presente diseño de mezcla ha sido diseñado con un T.M.= 1/2", un asentamiento o slump de 3" a 4", y una relación de  $a/c= 0.64$ .

**PASO 1: Selección del Asentamiento**

Para una consistencia plástica se tomará un asentamiento o slump de 3" a 4".

**PASO 2: Selección del Tamaño Máximo del Agregado**

El presente diseño de mezcla ha sido diseñado con un T.M.= 1/2"

**PASO 3: Estimación del contenido y contenido de aire**

De la figura 5, se puede obtener que la cantidad de agua será de 220 lts/m3, y el aire atrapado será de 2.5%.

**PASO 4: Selección de Relación Agua-Cemento**

De la tabulación de la figura 6 se puede determinar que la relación a/c será de 0.64.

#### **PASO 5: Cálculo del contenido de Cemento**

Contenido de Cemento= Agua de mezclado (kg/m<sup>3</sup>) / relación a/c

Contenido de Cemento= 220 kg/m<sup>3</sup> / 0.64

Contenido de Cemento= 343 kg/m<sup>3</sup>.

#### **PASO 6: Cálculo del contenido de Agregado Grueso**

Contenido Agregado Grueso= Volumen agregado grueso x Peso unitario Seco y Compactado

Contenido de Agregado Grueso= 0.65 x 1564 kg/m<sup>3</sup>

Contenido de Agregado Grueso= 1016 kg/m<sup>3</sup>

#### **PASO 7: Cálculo del contenido de Agregado Fino**

##### Método de los Pesos

Peso de agregado fino= Peso del concreto- (Peso del A.G.+ Peso cemento + Peso de agua)

Peso de agregado fino = 2400 – (1016 + 343 + 220) = 821 kg/m<sup>3</sup>

##### Método de los Volúmenes Absolutos

Cemento = 343 / (3.15x1000) = 0.0995 m<sup>3</sup>

Agua = 220 /1000 = 0.22 m<sup>3</sup>

Aire atrapado = 2.5/100= 0.025 m<sup>3</sup>

Agregado grueso= 1016 / (2.7x1000) =0.3570 m<sup>3</sup>

Total Volumen= 0.7015 m<sup>3</sup>

Volumen Ab. Agregado Fino= 1 -0.7015 = 0.2985 m<sup>3</sup>

Peso Agregado Fino = 0.2985 x (2.8 x 1000)

Peso Agregado Fino = 836 kg/m<sup>3</sup>

#### **PASO 8: Ajustes por Contenidos de Humedad**

Se procede a ajustar los valores por Contenido de Humedad, obteniendo la siguiente tabla:

**Tabla XIV**

Calculo de cantidad de materiales para f<sup>c</sup>= 175kg/cm<sup>2</sup>

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Sol Tipo I - Portland	343	Kg/m <sup>3</sup>
Arena	820	Kg/m <sup>3</sup>
Piedra 1/2"	1010	Kg/m <sup>3</sup>
Agua	218	Lts/m <sup>3</sup>

Se calculó la dosificación a emplear para este diseño.

**Tabla XV**Dosificación para diseño de mezcla de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$ 

Proporciones	Cemento	Arena	Piedra	Agua (Lt/bolsa)
Proporción en Peso	1	2.39	2.94	27.20
Proporción en Volumen	1	2.39	3.02	27.20

**Vidrio reciclado triturado al 10% en reemplazo del agregado grueso en diseño de mezclas de concreto  $f'c=175\text{ kg/cm}^2$**

Se reemplazó el agregado grueso por vidrio reciclado triturado en un porcentaje del 10%.

Se calculó la cantidad de materiales para este diseño.

**Tabla XVI**Calculo de cantidad de materiales para  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 10%

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Sol Tipo I - Portland	343	Kg/m <sup>3</sup>
Arena	820	Kg/m <sup>3</sup>
Piedra 1/2"	909	Kg/m <sup>3</sup>
Agua	218	Lts/m <sup>3</sup>
Vidrio reciclado triturado	101	Kg/m <sup>3</sup>

Se calculó la dosificación a emplear para este diseño.

**Tabla XVII**Dosificación para diseño de mezcla de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 10%

Proporciones	Cemento	Arena	Piedra	Agua (Lt/bolsa)	Aire
Proporción en Peso	1	2.39	2.65	27.20	0.29
Proporción en Volumen	1	2.39	2.72	27.20	0.30

**Vidrio reciclado triturado al 20% en reemplazo del agregado grueso en diseño de mezclas de concreto  $f'c=175\text{ kg/cm}^2$**

Se reemplazó el agregado grueso por vidrio reciclado triturado en un porcentaje del 20%.

Se calculó la cantidad de materiales para este diseño.

**Tabla XVIII**Calculo de cantidad de materiales para  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 20%

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Sol Tipo I - Portland	343	Kg/m <sup>3</sup>
Arena	820	Kg/m <sup>3</sup>
Piedra 1/2"	808	Kg/m <sup>3</sup>
Agua	218	Lts/m <sup>3</sup>
Vidrio reciclado triturado	202	Kg/m <sup>3</sup>

Se calculó la dosificación a emplear para este diseño.

**Tabla XIX**

Dosificación para diseño de mezcla de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 20%

Proporciones	Cemento	Arena	Piedra	Agua (Lt/bolsa)	Aire
Proporción en Peso	1 :	2.39	2.35	27.20	0.59
Proporción en Volumen	1 :	2.39	2.42	27.20	0.60

**Vidrio reciclado triturado al 30% en reemplazo del agregado grueso en diseño de mezclas de concreto  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$**

Se reemplazó el agregado grueso por vidrio reciclado triturado en un porcentaje del 30%.

Se calculó la cantidad de materiales para este diseño.

**Tabla XX**

Calculo de cantidad de materiales para  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 30%

Materiales	Cantidad	Unidad
Cemento Sol Tipo I - Portland	343	Kg/m3
Arena	820	Kg/m3
Piedra 1/2"	707	Kg/m3
Agua	218	Lts/m3
Vidrio reciclado triturado	303	Kg/m3

Se calculó la dosificación a emplear para este diseño.

**Tabla XXI**

Dosificación para diseño de mezcla de  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado triturado al 30%

Proporciones	Cemento	Arena	Piedra	Agua (Lt/bolsa)	Aire
Proporción en Peso	1	2.39	2.06	27.20	0.88
Proporción en Volumen	1	2.39	2.11	27.20	0.91

### 3.3 Resultados de ensayos de resistencia a la compresión

Esta investigación se ha realizado con el fin de evaluar la influencia del vidrio reciclado triturado en el diseño de mezclas de concreto, reemplazando el agregado grueso por vidrio reciclado en porcentajes de 10%, 20% y 30%.

Por lo cual se llevaron a cabo ensayos de resistencia a la compresión para de determinar la resistencia a la compresión de los concretos con vidrio reciclado triturado en comparación con el concreto convencional.

En esta sección se presentan los resultados obtenidos en dichos ensayos y se realizan las correspondientes comparaciones de los valores obtenidos de resistencia a la compresión de los testigos en sus diferentes edades y proporciones según diseño de mezclas.

Para un mejor entendimiento se presentarán gráficos de las variaciones de su resistencia.

### 3.3.1 Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

En esta parte de los resultados se muestran los valores de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , que se realizaron para evaluar su capacidad de resistencia a cargas.

Se realizaron ensayos a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días) para analizar el desarrollo de la resistencia a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla XXII**

Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (dias)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	06/10/2022	13/10/2022	15.00	7	26,779.44	151.54	72.16%
2	06/10/2022	13/10/2022	15.00	7	26,674.12	150.94	71.88%
3	06/10/2022	13/10/2022	15.00	7	26,701.51	151.10	71.95%
1	06/10/2022	20/10/2022	15.00	14	32,635.60	184.67	87.94%
2	06/10/2022	20/10/2022	15.00	14	32,568.79	184.30	87.76%
3	06/10/2022	20/10/2022	15.00	14	32,735.80	185.24	88.21%
1	06/10/2022	03/11/2022	15.00	28	41,998.75	237.66	113.17%
2	06/10/2022	03/11/2022	15.00	28	41,549.70	235.12	111.96%
3	06/10/2022	03/11/2022	15.00	28	41,816.90	236.63	112.68%

Como se puede apreciar en la tabla, se observa un incremento gradual en la resistencia a la compresión a medida que aumenta la edad de curado del concreto. Además, se observa una consistencia razonable entre las muestras a una misma edad de curado, lo que indica una buena uniformidad en la calidad del concreto utilizado. A continuación, se presenta en una tabla los valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ :

**Tabla XXIII**

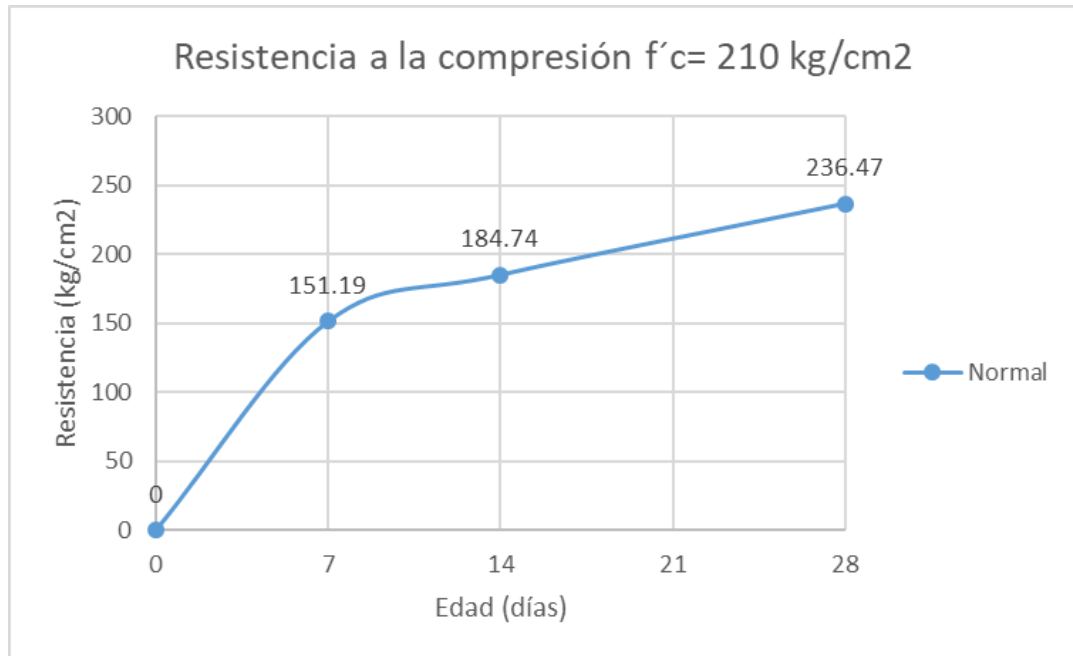
Valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (dias)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	06/10/2022	13/10/2022	15.00	7	26,718.36	151.19	72.00%
2	06/10/2022	20/10/2022	15.00	14	32,646.73	184.74	87.97%
3	06/10/2022	03/11/2022	15.00	28	41,788.45	236.47	112.60%

Para un mejor análisis se calculó los valores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, resultando los valores de 151.19 kg/cm<sup>2</sup>, 184.74 kg/cm<sup>2</sup>, y 236.47 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, que en porcentajes con respecto a la resistencia requerida equivalen al 72.00%, 87.97% y 112.60% respectivamente.

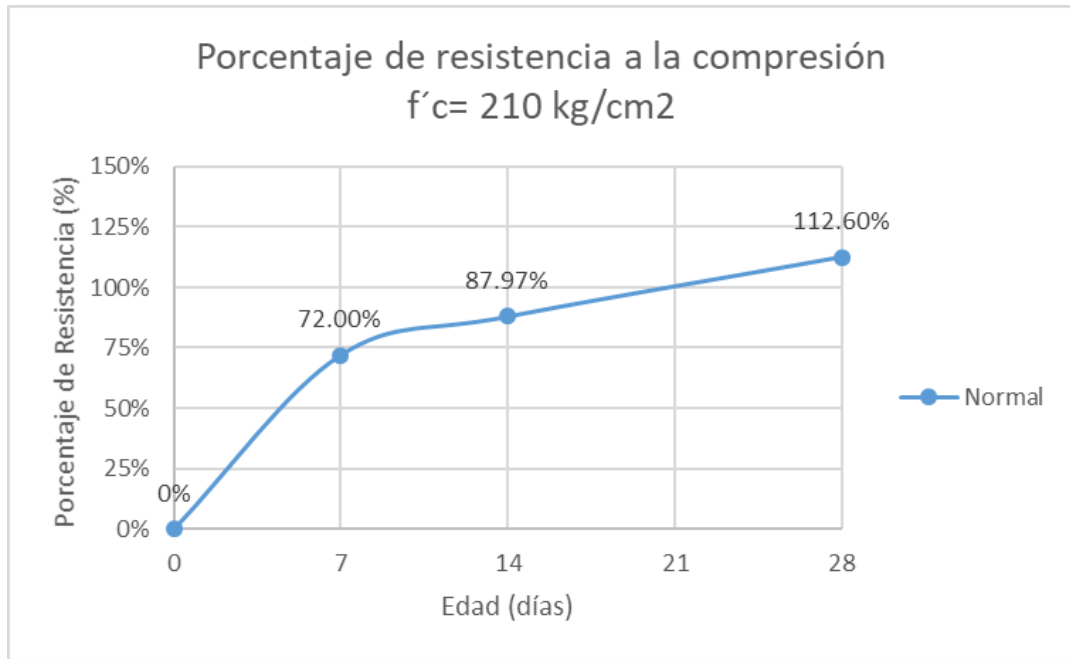
Se ha tomado la decisión de complementar la presentación de los resultados obtenidos con la elaboración de gráficos, con el objetivo de brindar una mejor apreciación visual de la variación de la resistencia a la compresión del concreto a lo largo del tiempo.

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en el transcurso de los días de curado:



**Fig. 7.** Resistencia a la compresión  $f'c= 210$  kg/cm<sup>2</sup>

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en porcentajes, para una mejor apreciación:



**Fig. 8.** Porcentaje de resistencia a la compresión  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

### 3.3.2 Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 10%

En esta parte de los resultados se muestran los valores de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 10%, que se realizaron para evaluar su capacidad de resistencia a cargas.

Se realizaron ensayos a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días) para analizar el desarrollo de la resistencia a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla XXIV**

Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 10%

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	07/10/2022	14/10/2022	15.00	7	31,998.75	181.07	86.22%
2	07/10/2022	14/10/2022	15.00	7	31,761.23	179.73	85.59%
3	07/10/2022	14/10/2022	15.00	7	31,876.28	180.38	85.90%
1	07/10/2022	21/10/2022	15.00	14	39,746.68	224.91	107.10%
2	07/10/2022	21/10/2022	15.00	14	39,550.11	223.80	106.57%
3	07/10/2022	21/10/2022	15.00	14	39,394.13	222.92	106.15%
1	07/10/2022	04/11/2022	15.00	28	46,140.35	261.09	124.33%
2	07/10/2022	04/11/2022	15.00	28	45,888.10	259.67	123.65%
3	07/10/2022	04/11/2022	15.00	28	46,003.04	260.32	123.96%

Como se puede apreciar en la tabla, se observa un incremento gradual en la resistencia a la compresión a medida que aumenta la edad de curado del concreto. Además, se observa una consistencia razonable entre las muestras a una misma edad de curado, lo que indica una buena uniformidad en la calidad del concreto utilizado. A continuación, se presenta en una tabla los valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 10%:

**Tabla XXV**

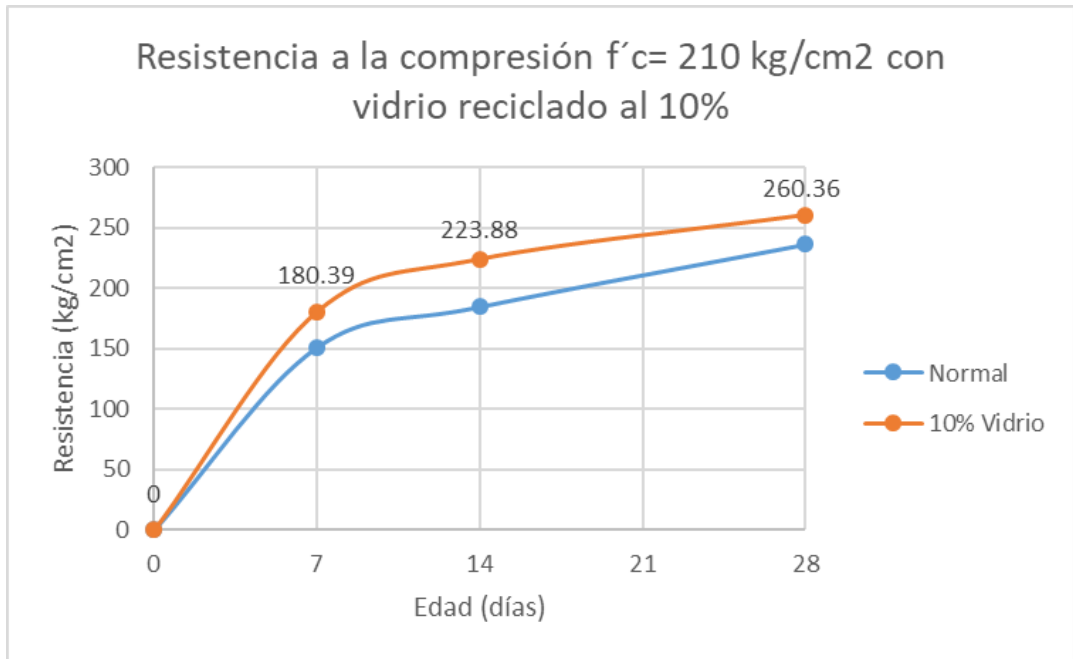
Valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 10%

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max $\text{Kg/cm}^2$	Porcentaje Resistencia
1	07/10/2022	14/10/2022	15.00	7	31,878.75	180.39	85.90%
2	07/10/2022	21/10/2022	15.00	14	39,563.64	223.88	106.61%
3	07/10/2022	04/11/2022	15.00	28	46,010.50	260.36	123.98%

Para un mejor análisis se calculó los valores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, resultando los valores de  $180.39 \text{ kg/cm}^2$ ,  $223.88 \text{ kg/cm}^2$ , y  $260.36 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, que en porcentajes con respecto a la resistencia requerida equivalen al 85.90 %, 106.61 % y 123.98 % respectivamente.

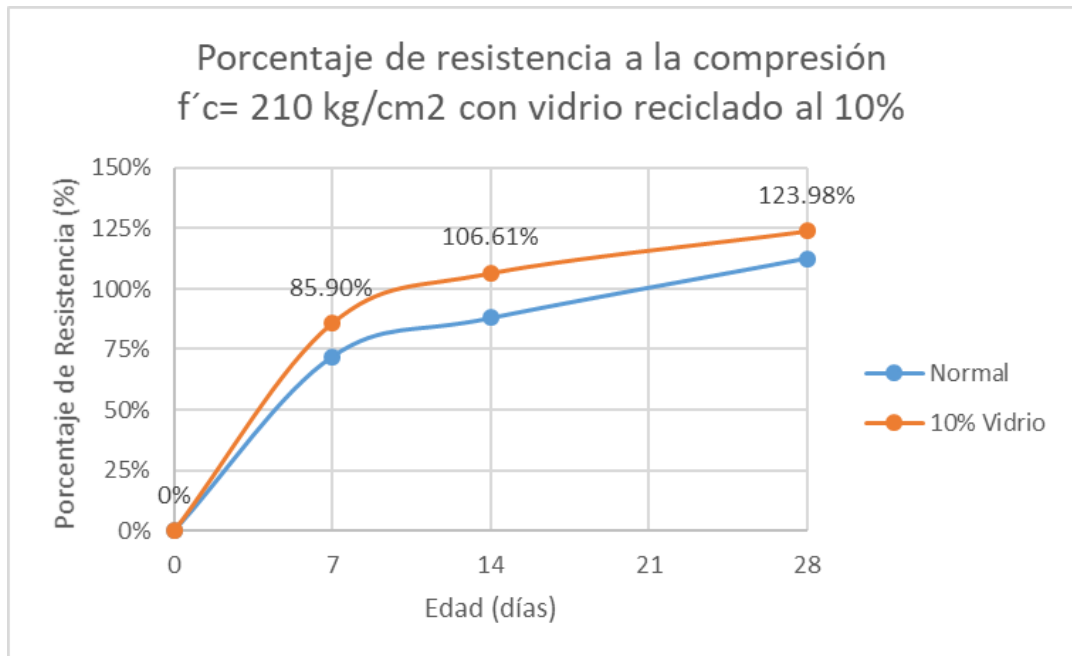
Se ha tomado la decisión de complementar la presentación de los resultados obtenidos con la elaboración de gráficos, con el objetivo de brindar una mejor apreciación visual de la variación de la resistencia a la compresión del concreto a lo largo del tiempo.

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en el transcurso de los días de curado:



**Fig. 9.** Resistencia a la compresión  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 10%

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en porcentajes, para una mejor apreciación:



**Fig. 10.** Porcentaje de resistencia a la compresión  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 10%

### 3.3.3 Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20%

En esta parte de los resultados se muestran los valores de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 20%, que se realizaron para evaluar su capacidad de resistencia a cargas.

Se realizaron ensayos a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días) para analizar el desarrollo de la resistencia a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla XXVI**

Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 20%

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	10/10/2022	17/10/2022	15.00	7	36,357.84	205.74	97.97%
2	10/10/2022	17/10/2022	15.00	7	36,647.31	207.38	98.75%
3	10/10/2022	17/10/2022	15.00	7	36,573.09	206.96	98.55%
1	10/10/2022	24/10/2022	15.00	14	38,899.96	220.12	104.82%
2	10/10/2022	24/10/2022	15.00	14	39,126.34	221.40	105.43%
3	10/10/2022	24/10/2022	15.00	14	39,426.94	223.10	106.24%
1	10/10/2022	07/11/2022	15.00	28	43,149.19	244.17	116.27%
2	10/10/2022	07/11/2022	15.00	28	42,919.11	242.87	115.65%
3	10/10/2022	07/11/2022	15.00	28	43,464.64	245.95	117.12%

Como se puede apreciar en la tabla, se observa un incremento gradual en la resistencia a la compresión a medida que aumenta la edad de curado del concreto. Además, se observa una consistencia razonable entre las muestras a una misma edad de curado, lo que indica una buena uniformidad en la calidad del concreto utilizado. A continuación, se presenta en una tabla los valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 20%:

**Tabla XXVII**

Valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 20%

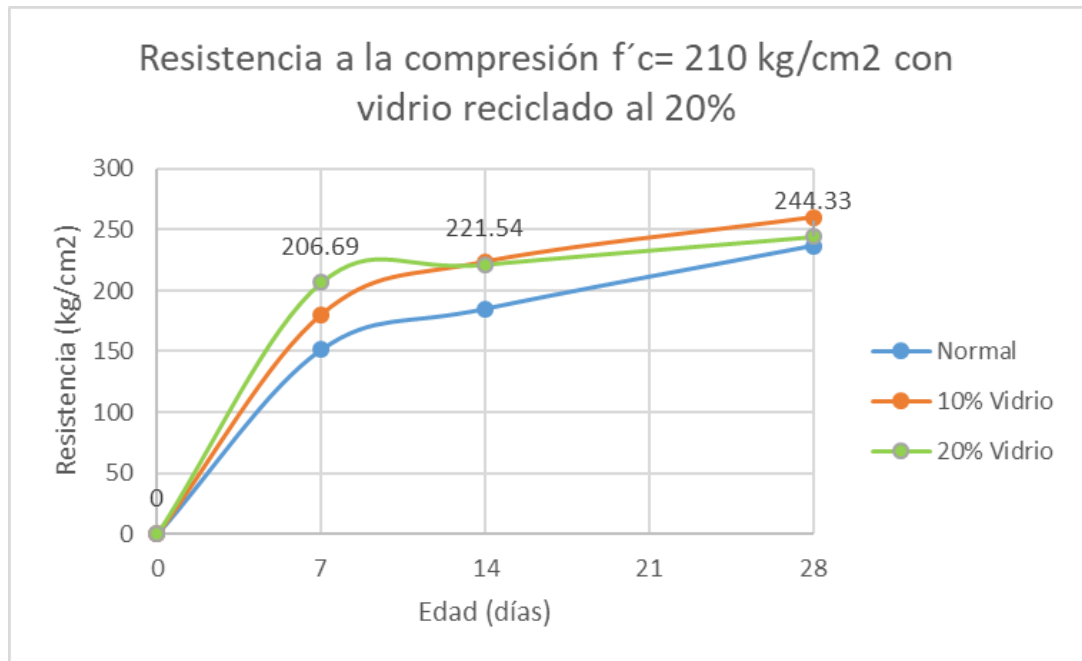
Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	10/10/2022	17/10/2022	15.00	7	36,526.08	206.69	98.43%
2	10/10/2022	24/10/2022	15.00	14	39,151.08	221.54	105.50%
3	10/10/2022	07/11/2022	15.00	28	43,177.65	244.33	116.35%

Para un mejor análisis se calculó los valores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, resultando los valores de 206.69 kg/cm<sup>2</sup>, 221.54 kg/cm<sup>2</sup>, y 244.33 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, que en porcentajes con respecto

a la resistencia requerida equivalen al 98.43 %, 105.50 % y 116.35 % respectivamente.

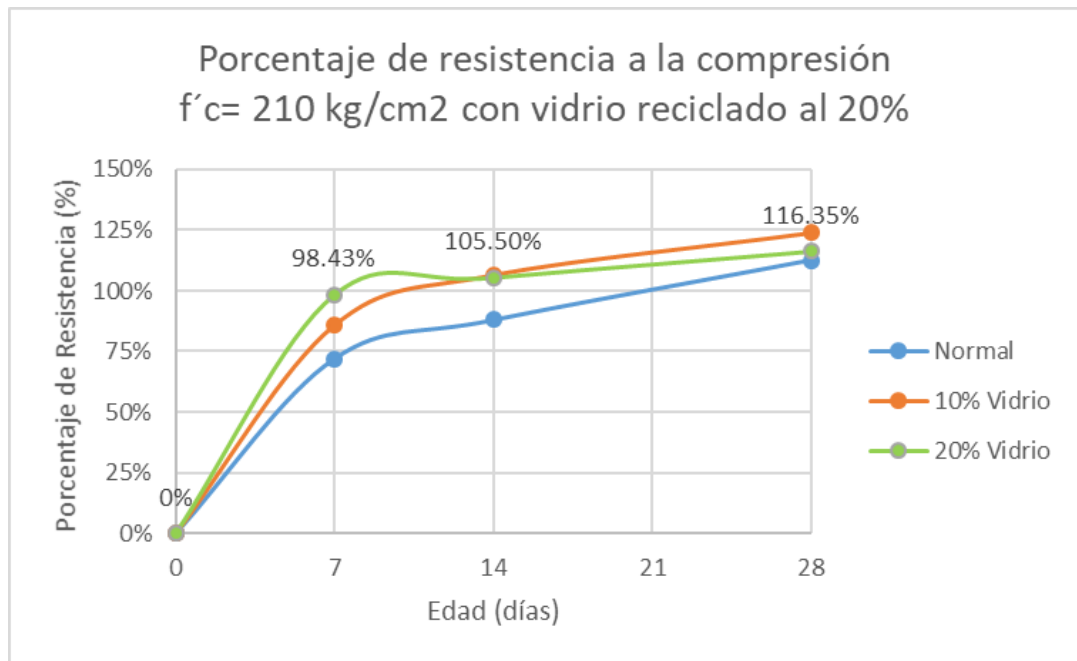
Se ha tomado la decisión de complementar la presentación de los resultados obtenidos con la elaboración de gráficos, con el objetivo de brindar una mejor apreciación visual de la variación de la resistencia a la compresión del concreto a lo largo del tiempo.

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en el transcurso de los días de curado:



**Fig. 11.** Resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 20%

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en porcentajes, para una mejor apreciación:



**Fig. 12.** Porcentaje de resistencia a la compresión  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con vidrio reciclado al 20%

### 3.3.4 Resistencia a la compresión del concreto $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> con vidrio reciclado al 30%

En esta parte de los resultados se muestran los valores de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con vidrio reciclado al 30%, que se realizaron para evaluar su capacidad de resistencia a cargas.

Se realizaron ensayos a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días) para analizar el desarrollo de la resistencia a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla XXVIII**

Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210$ kg/cm<sup>2</sup> con vidrio reciclado al 30%

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	11/10/2022	18/10/2022	15.00	7	33,099.48	187.30	89.19%
2	11/10/2022	18/10/2022	15.00	7	32,873.10	186.02	88.58%
3	11/10/2022	18/10/2022	15.00	7	32,928.77	186.33	88.73%
1	11/10/2022	25/10/2022	15.00	14	34,969.88	197.88	94.23%
2	11/10/2022	25/10/2022	15.00	14	34,684.13	196.27	93.46%
3	11/10/2022	25/10/2022	15.00	14	34,836.28	197.13	93.87%
1	11/10/2022	08/11/2022	15.00	28	37,912.80	214.54	102.16%
2	11/10/2022	08/11/2022	15.00	28	37,612.20	212.83	101.35%
3	11/10/2022	08/11/2022	15.00	28	37,679.05	213.21	101.53%

Como se puede apreciar en la tabla, se observa un incremento gradual en la resistencia a la compresión a medida que aumenta la edad de curado del concreto. Además, se observa una consistencia razonable entre las muestras a una misma edad de curado, lo que indica una buena uniformidad en la calidad del concreto utilizado. A continuación, se presenta en una tabla los valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%:

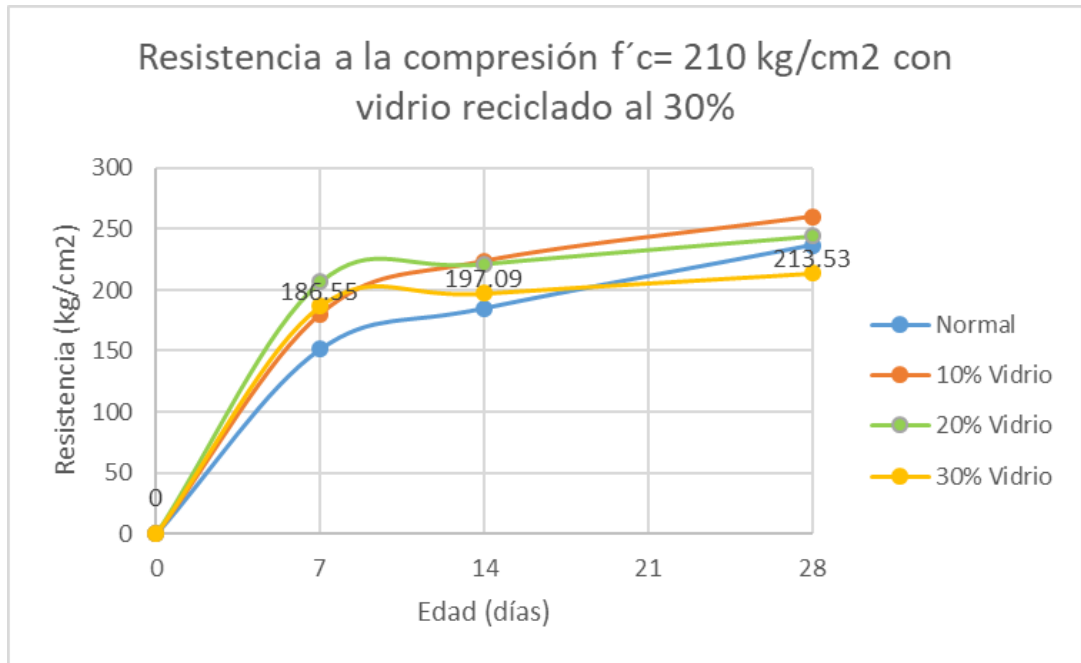
**Tabla XXIX**

Valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	11/10/2022	18/10/2022	15.00	7	32,967.12	186.55	88.83%
2	11/10/2022	25/10/2022	15.00	14	34,830.10	197.09	93.85%
3	11/10/2022	08/11/2022	15.00	28	37,734.68	213.53	101.68%

Para un mejor análisis se calculó los valores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, resultando los valores de 186.55 kg/cm<sup>2</sup>, 197.09 kg/cm<sup>2</sup>, y 213.53 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, que en porcentajes con respecto a la resistencia requerida equivalen al 88.83 %, 93.85 % y 101.68 % respectivamente. Se ha tomado la decisión de complementar la presentación de los resultados obtenidos con la elaboración de gráficos, con el objetivo de brindar una mejor apreciación visual de la variación de la resistencia a la compresión del concreto a lo largo del tiempo.

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en el transcurso de los días de curado:



**Fig. 13.** Resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en porcentajes, para una mejor apreciación:



**Fig. 14.** Porcentaje de resistencia a la compresión  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%

### 3.3.5 Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$

En esta parte de los resultados se muestran los valores de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ , que se realizaron para evaluar su capacidad de resistencia a cargas.

Se realizaron ensayos a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días) para analizar el desarrollo de la resistencia a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla XXX**

Resistencia a la compresión del concreto  $f'c= 175\text{kg/cm}^2$

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max $\text{Kg/cm}^2$	Porcentaje Resistencia
1	12/10/2022	19/10/2022	15.00	7	22,310.23	126.25	72.14%
2	12/10/2022	19/10/2022	15.00	7	22,075.97	124.92	71.38%
3	12/10/2022	19/10/2022	15.00	7	22,190.41	125.57	71.75%
1	12/10/2022	26/10/2022	15.00	14	26,993.25	152.75	87.29%
2	12/10/2022	26/10/2022	15.00	14	26,899.45	152.22	86.98%
3	12/10/2022	26/10/2022	15.00	14	26,975.33	152.64	87.22%
1	12/10/2022	09/11/2022	15.00	28	33,915.80	191.92	109.67%
2	12/10/2022	09/11/2022	15.00	28	34,335.40	194.29	111.02%
3	12/10/2022	09/11/2022	15.00	28	34,095.30	192.93	110.25%

Como se puede apreciar en la tabla, se observa un incremento gradual en la resistencia a la compresión a medida que aumenta la edad de curado del concreto. Además, se observa una consistencia razonable entre las muestras a una misma edad de curado, lo que indica una buena uniformidad en la calidad del concreto utilizado. A continuación, se presenta en una tabla los valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ :

**Tabla XXXI**

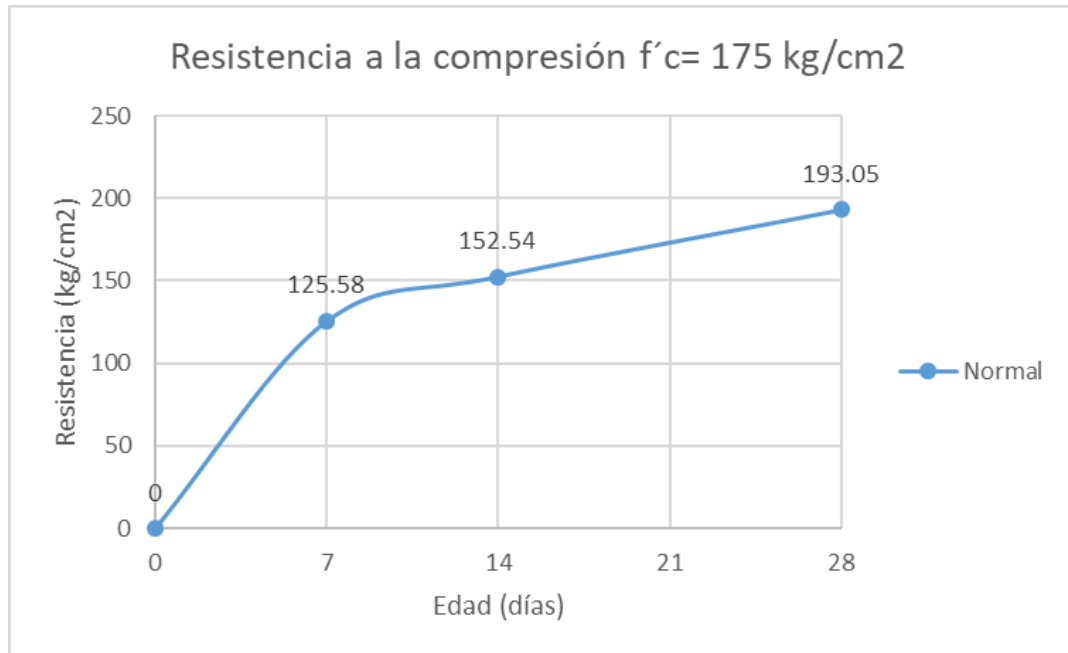
Valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c= 175\text{kg/cm}^2$

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max $\text{Kg/cm}^2$	Porcentaje Resistencia
1	12/10/2022	19/10/2022	15.00	7	22,192.20	125.58	71.76%
2	12/10/2022	26/10/2022	15.00	14	26,956.01	152.54	87.16%
3	12/10/2022	09/11/2022	15.00	28	34,115.50	193.05	110.31%

Para un mejor análisis se calculó los valores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, resultando los valores de  $125.58 \text{ kg/cm}^2$ ,  $152.54 \text{ kg/cm}^2$ , y  $193.05 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, que en porcentajes con respecto a la resistencia requerida equivalen al 71.76 %, 87.16 % y 110.31 % respectivamente.

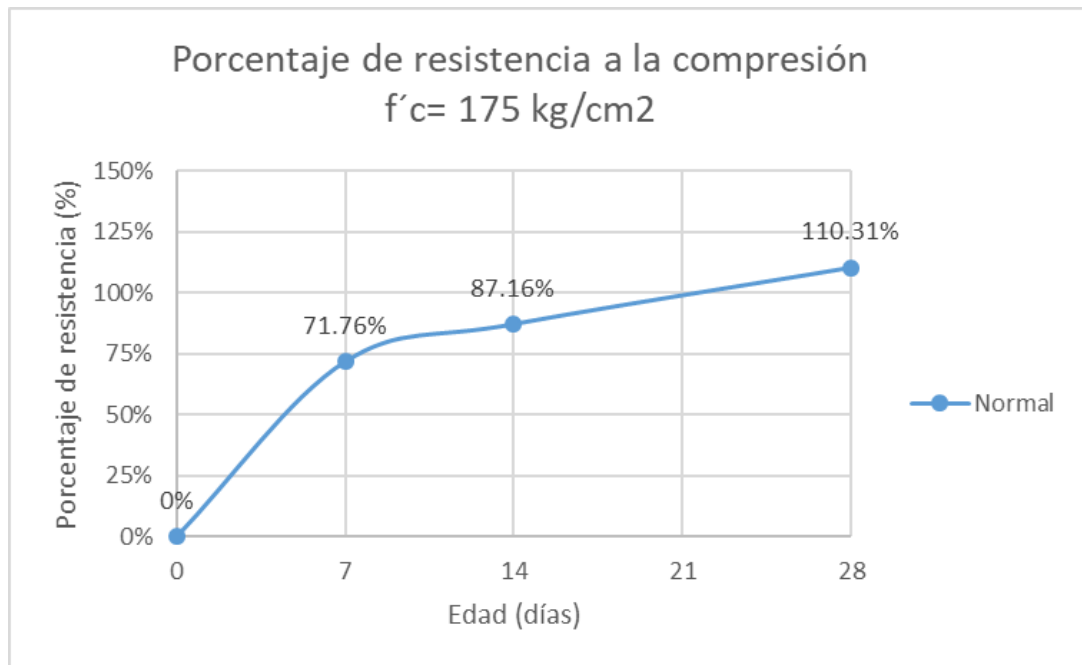
Se ha tomado la decisión de complementar la presentación de los resultados obtenidos con la elaboración de gráficos, con el objetivo de brindar una mejor apreciación visual de la variación de la resistencia a la compresión del concreto a lo largo del tiempo.

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en el transcurso de los días de curado:



**Fig. 15.** Resistencia a la compresión  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en porcentajes, para una mejor apreciación:



**Fig. 16.** Porcentaje de resistencia a la compresión  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>

### 3.3.6 Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 175$ kg/cm<sup>2</sup> con vidrio reciclado al 10%

En esta parte de los resultados se muestran los valores de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto  $f'c= 175$  kg/cm<sup>2</sup> con vidrio reciclado al 10%, que se realizaron para evaluar su capacidad de resistencia a cargas.

Se realizaron ensayos a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días) para analizar el desarrollo de la resistencia a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla XXXII**

Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=175$ kg/cm<sup>2</sup> con vidrio reciclado al 10%

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	13/10/2022	20/10/2022	15.00	7	26,423.10	149.52	85.44%
2	13/10/2022	20/10/2022	15.00	7	26,187.96	148.19	84.68%
3	13/10/2022	20/10/2022	15.00	7	26,385.50	149.31	85.32%
1	13/10/2022	27/10/2022	15.00	14	31,873.52	180.36	103.06%
2	13/10/2022	27/10/2022	15.00	14	31,972.40	180.92	103.38%
3	13/10/2022	27/10/2022	15.00	14	31,865.15	180.31	103.03%
1	13/10/2022	10/11/2022	15.00	28	37,425.93	211.78	121.02%
2	13/10/2022	10/11/2022	15.00	28	37,984.50	214.94	122.82%
3	13/10/2022	10/11/2022	15.00	28	37,297.35	211.05	120.60%

Como se puede apreciar en la tabla, se observa un incremento gradual en la resistencia a la compresión a medida que aumenta la edad de curado del concreto. Además, se observa una consistencia razonable entre las muestras a una misma edad de curado, lo que indica una buena uniformidad en la calidad del concreto utilizado. A continuación, se presenta en una tabla los valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 10%:

**Tabla XXXIII**

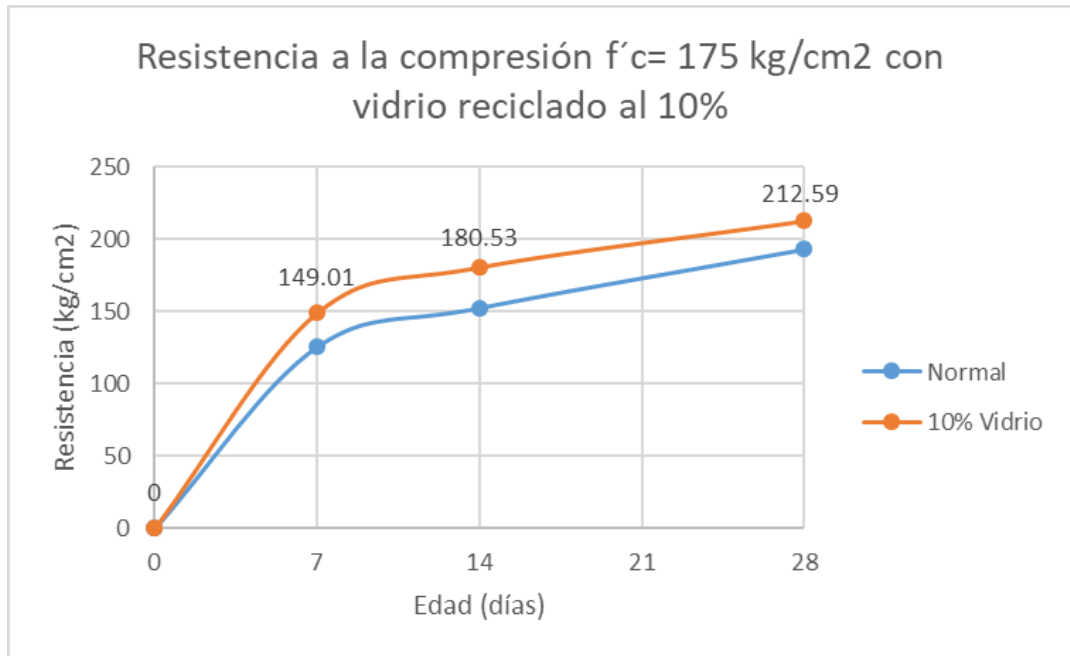
Valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 10%

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	13/10/2022	20/10/2022	15.00	7	26,332.19	149.01	85.15%
2	13/10/2022	27/10/2022	15.00	14	31,903.69	180.53	103.16%
3	13/10/2022	10/11/2022	15.00	28	37,569.26	212.59	121.48%

Para un mejor análisis se calculó los valores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, resultando los valores de 149.01 kg/cm<sup>2</sup>, 180.53 kg/cm<sup>2</sup>, y 212.59 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, que en porcentajes con respecto a la resistencia requerida equivalen al 85.15 %, 103.16 % y 121.48 % respectivamente.

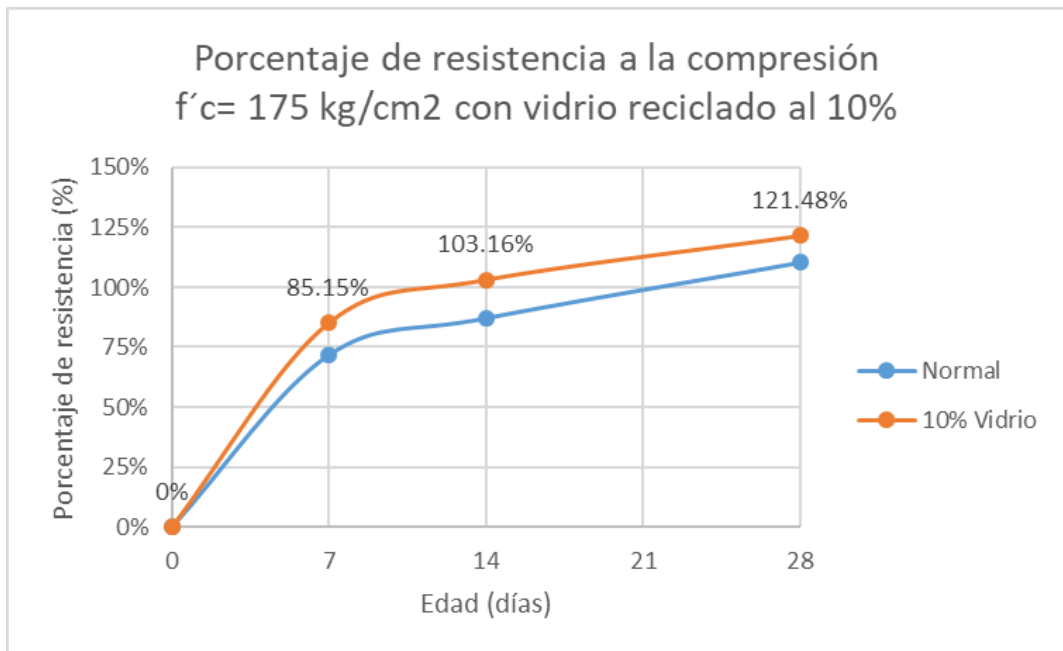
Se ha tomado la decisión de complementar la presentación de los resultados obtenidos con la elaboración de gráficos, con el objetivo de brindar una mejor apreciación visual de la variación de la resistencia a la compresión del concreto a lo largo del tiempo.

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en el transcurso de los días de curado:



**Fig. 17.** Resistencia a la compresión  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 10%

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en porcentajes, para una mejor apreciación:



**Fig. 18.** Porcentaje de resistencia a la compresión  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 10%

### 3.3.7 Resistencia a la compresión del concreto $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 20%

En esta parte de los resultados se muestran los valores de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 20%, que se realizaron para evaluar su capacidad de resistencia a cargas.

Se realizaron ensayos a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días) para analizar el desarrollo de la resistencia a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla XXXIV**

Resistencia a la compresión del concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 20%

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	30,594.71	173.13	98.93%
2	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	30,325.21	171.60	98.06%
3	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	30,032.40	169.94	97.11%
1	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	31,910.62	180.57	103.18%
2	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	32,134.35	181.84	103.91%
3	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	32,124.22	181.78	103.87%
1	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	35,348.15	200.02	114.30%
2	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	35,189.44	199.13	113.79%
3	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	34,958.33	197.82	113.04%

Como se puede apreciar en la tabla, se observa un incremento gradual en la resistencia a la compresión a medida que aumenta la edad de curado del concreto. Además, se observa una consistencia razonable entre las muestras a una misma edad de curado, lo que indica una buena uniformidad en la calidad del concreto utilizado. A continuación, se presenta en una tabla los valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 20%:

**Tabla XXXV**

Valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 20%

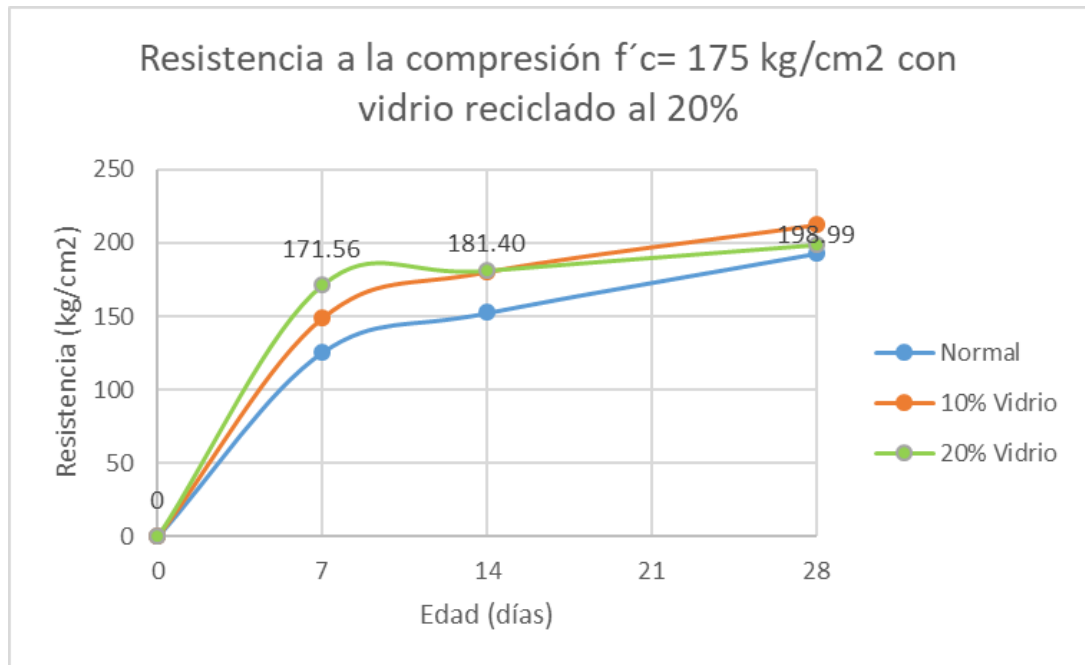
Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	30,317.44	171.56	98.03%
2	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	32,056.40	181.40	103.66%
3	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	35,165.31	198.99	113.71%

Para un mejor análisis se calculó los valores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, resultando los valores de 171.56 kg/cm<sup>2</sup>, 181.40 kg/cm<sup>2</sup>, y 198.99 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, que en porcentajes con respecto

a la resistencia requerida equivalen al 98.03 %, 103.66 % y 113.71 % respectivamente.

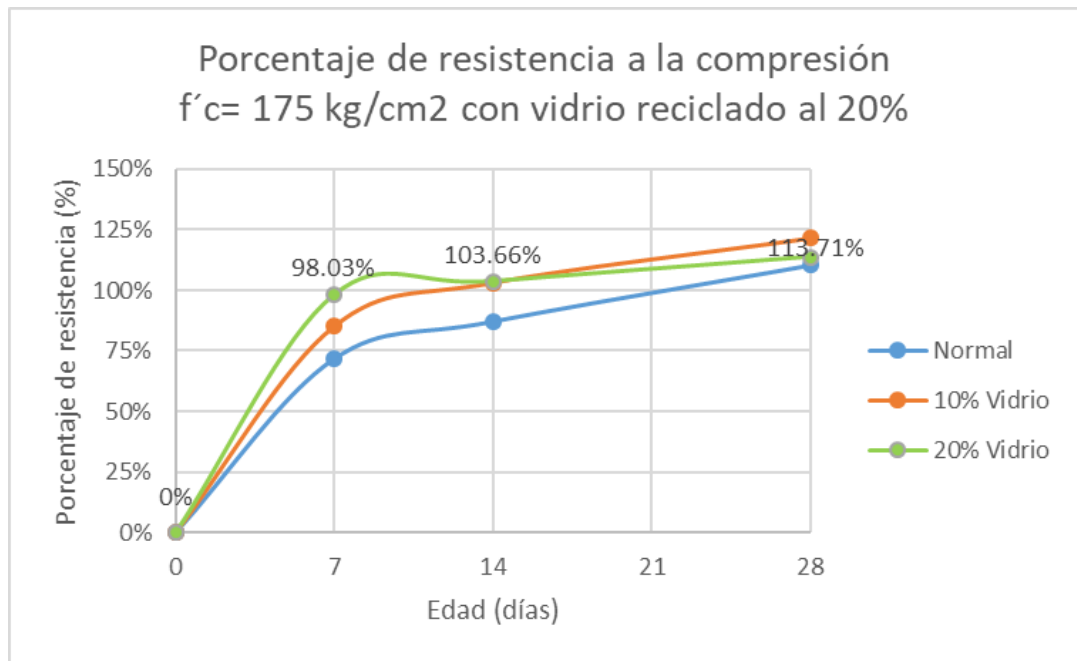
Se ha tomado la decisión de complementar la presentación de los resultados obtenidos con la elaboración de gráficos, con el objetivo de brindar una mejor apreciación visual de la variación de la resistencia a la compresión del concreto a lo largo del tiempo.

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en el transcurso de los días de curado:



**Fig. 19.** Resistencia a la compresión  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 20%

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en porcentajes, para una mejor apreciación:



**Fig. 20.** Porcentaje de resistencia a la compresión  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 20%

### 3.3.8 Resistencia a la compresión del concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con vidrio reciclado al 30%

En esta parte de los resultados se muestran los valores de los ensayos de resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%, que se realizaron para evaluar su capacidad de resistencia a cargas.

Se realizaron ensayos a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días) para analizar el desarrollo de la resistencia a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

**Tabla XXXVI**

Resistencia a la compresión del concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	26,466.47	149.76	85.58%
2	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	26,654.68	150.83	86.19%
3	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	26,887.30	152.15	86.94%
1	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	28,533.80	161.46	92.26%
2	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	28,343.90	160.39	91.65%
3	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	28,502.50	161.29	92.17%
1	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	31,466.38	178.06	101.75%
2	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	31,336.41	177.32	101.33%
3	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	31,315.72	177.21	101.26%

Como se puede apreciar en la tabla, se observa un incremento gradual en la resistencia a la compresión a medida que aumenta la edad de curado del concreto. Además, se observa una consistencia razonable entre las muestras a una misma edad de curado, lo que indica una buena uniformidad en la calidad del concreto utilizado. A continuación, se presenta en una tabla los valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%:

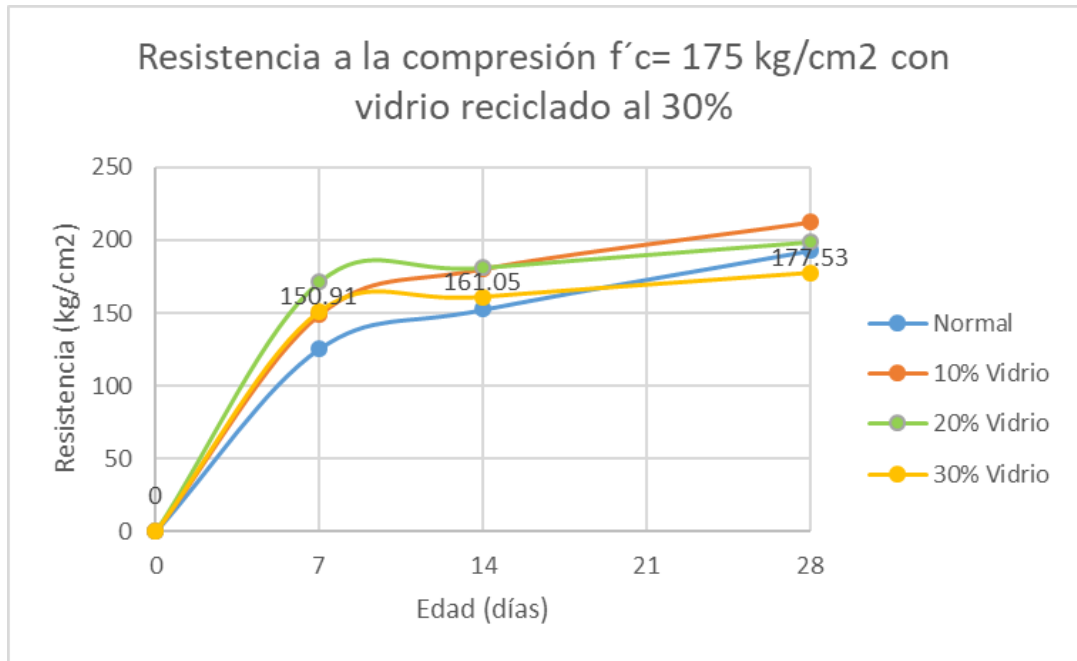
**Tabla XXXVII**

Valores promedios de resistencia a la compresión  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%

Cod.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max Kg/cm <sup>2</sup>	Porcentaje Resistencia
1	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	26,669.48	150.91	86.24%
2	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	28,460.07	161.05	92.03%
3	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	31,372.84	177.53	101.45%

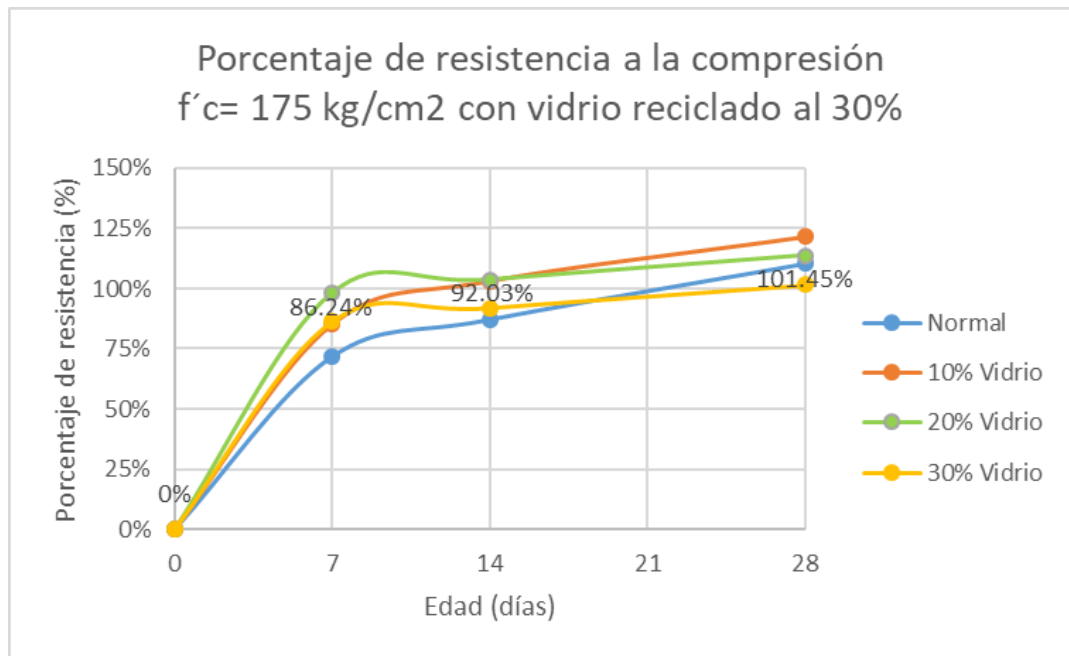
Para un mejor análisis se calculó los valores promedios de resistencia a la compresión a los 7, 14 y 28 días de curado, resultando los valores de  $150.91 \text{ kg/cm}^2$ ,  $161.05 \text{ kg/cm}^2$ , y  $177.53 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, que en porcentajes con respecto a la resistencia requerida equivalen al 86.24 %, 92.03 % y 101.45 % respectivamente. Se ha tomado la decisión de complementar la presentación de los resultados obtenidos con la elaboración de gráficos, con el objetivo de brindar una mejor apreciación visual de la variación de la resistencia a la compresión del concreto a lo largo del tiempo.

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en el transcurso de los días de curado:



**Fig. 21.** Resistencia a la compresión  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%

A continuación, se presenta un gráfico de la variación de la resistencia a la compresión del concreto en porcentajes, para una mejor apreciación:



**Fig. 22.** Porcentaje de resistencia a la compresión  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%

#### IV. DISCUSIÓN

En el presente capítulo discutiremos los resultados obtenidos con respecto a la hipótesis planteada al inicio de la tesis, así como también se discutirá estos resultados comparándolo con los criterios de otros autores.

- Del gráfico de la figura 12. Porcentaje de resistencia a la compresión  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%, podemos discutir que no necesariamente a mayor porcentaje de vidrio reciclado triturado la resistencia aumentara progresivamente, sino que la resistencia del concreto empieza a aumentar hasta la adición de cierto porcentaje de vidrio, llegando a un porcentaje óptimo de vidrio reciclado triturado. Se puede deducir que el porcentaje óptimo de vidrio reciclado triturado se da en el 10% de vidrio reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso; ya que, pasando este porcentaje de vidrio, el concreto en los primeros días alcanza una mayor resistencia, pero luego esto no continúa progresivamente, resultando con una menor resistencia el concreto con vidrio reciclado al 20% y 30% en comparación con el vidrio reciclado al 10%.
- Del gráfico de la figura 20. Porcentaje de resistencia a la compresión  $f'_c=175 \text{ kg/cm}^2$  con vidrio reciclado al 30%, podemos discutir que no necesariamente a mayor porcentaje de vidrio reciclado triturado la resistencia aumentara progresivamente, sino que la resistencia del concreto empieza a aumentar hasta la adición de cierto porcentaje de vidrio, llegando a un porcentaje óptimo de vidrio reciclado triturado. Se puede deducir que el porcentaje óptimo de vidrio reciclado triturado se da en el 10% de vidrio reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso; ya que, pasando este porcentaje de vidrio, el concreto en los primeros días alcanza una mayor resistencia, pero luego esto no continúa progresivamente, resultando con una menor resistencia el concreto con vidrio reciclado al 20% y 30% en comparación con el vidrio reciclado al 10%.
- Según D. A. Peñafiel [2] se evidencia tras los análisis que el porcentaje óptimo que mejora la resistencia al interactuar químicamente con el cemento es el 40% de vidrio molido en peso reemplazando a la arena, obteniendo una resistencia mayor a la del hormigón patrón, logrando 111.8% de la resistencia de diseño. Sin embargo, en nuestra tesis podemos apreciar que el porcentaje óptimo que mejora la resistencia en el diseño de mezcla es al aplicar 10% de vidrio reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso. Obteniendo una resistencia mayor a la del diseño patrón, logrando el 123.98% en diseños de mezclas de concreto con  $f'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .
- Según Y. E. Saravia [3], el porcentaje de vidrio triturado más favorable con la que alcanza la mayor resistencia es con el 12.5% de vidrio triturado-óptimo ( $f'_c= 282.3 \text{ Kg/cm}^2$ ). Y en nuestra tesis podemos apreciar que la máxima resistencia es alcanzada con el 10% de vidrio

reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso, estando los valores relativamente similares.

- Según G. M. Walhoff [4] al finalizar los ensayos de resistencia se determinó mediante la distribución que para obtener resistencias igual o mayor que el concreto convencional se reemplace como máximo el cemento por vidrio hasta un 10% de su peso de acuerdo con esta investigación. En nuestra investigación se determinó que el porcentaje óptimo que mejora la resistencia en el diseño de mezcla es al aplicar 10% de vidrio reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso. Alcanzando en ambas tesis el mismo porcentaje de vidrio, sin embargo, cabe resaltar que la tesis de Walhoff es en reemplazo del cemento, mientras que en nuestra tesis estamos reemplazo el vidrio por agregado grueso.

## V. CONCLUSIONES

- La aplicación del vidrio reciclado triturado en el diseño de mezclas de concreto en el distrito de Ica tiene un impacto en las propiedades del concreto, incluyendo la resistencia a la compresión, resultando así ser una alternativa sostenible en la construcción. Sin embargo, es fundamental realizar un diseño adecuado y realizar pruebas exhaustivas para garantizar el cumplimiento de los requisitos de resistencia y durabilidad del concreto.
- La dosificación adecuada de los materiales y el uso adecuado de porcentaje óptimo de vidrio reciclado triturado en el diseño de mezcla son clave para obtener una mayor resistencia a la compresión del concreto.
- Se concluye que el porcentaje óptimo que mejora la resistencia en el diseño de mezcla es al aplicar 10% de vidrio reciclado triturado en reemplazo del agregado grueso. Obteniendo una resistencia mayor a la del diseño patrón, logrando una resistencia a la compresión de 260.36 kg/cm<sup>2</sup> que representa el 123.98% en diseños de mezclas de concreto con  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, y una resistencia a la compresión de 212.59 kg/cm<sup>2</sup> que representa el 121.48% en diseños de mezclas de concreto con  $f'c = 175$  kg/cm<sup>2</sup>.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se sugiere llevar a cabo estudios adicionales para optimizar la dosificación del vidrio reciclado en las mezclas de concreto. Esto permitirá determinar la proporción adecuada de vidrio que se puede agregar sin dañar significativamente la resistencia y durabilidad del concreto.
- Se sugiere el desarrollo de normativas y estándares, dada la creciente importancia de la sostenibilidad en la construcción, es recomendable desarrollar normativas y estándares específicos para el uso de vidrio reciclado en el diseño de mezclas de concreto. Estas facilitarán su implementación en proyectos de construcción.
- Se puede explorar la viabilidad de utilizar concreto con vidrio reciclado en aplicaciones específicas, como elementos no estructurales, muros divisorios, elementos decorativos o pavimentos no sometidos a cargas pesadas.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] J. B. Almeida Beltrán y C. R. Trujillo Vivas, Principios básicos de la construcción sostenible utilizando vidrio triturado en la elaboración de hormigones, Quito: Universidad Central del Ecuador, 2017.
- [2] D. A. Peñafiel Carrillo, Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2016.
- [3] Y. E. Saravia Cueva, Aplicación de vidrio triturado reemplazando agregado grueso para diseño de mezcla de concreto  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> en el distrito La Victoria – Chiclayo, Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2019.
- [4] G. M. Walhoff Tello, Influencia del vidrio molido en la resistencia a la compresión del concreto y costos de fabricación, comparado con el concreto convencional, Barranca-2016, Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2017.
- [5] NTP 334.009:2022, CEMENTOS. Cemento Pórtland. Requisitos, Octava ed., Lima: INACAL, 2023.
- [6] NTP 339.215:2022, CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la medición de resistencias a la compresión a edades tempranas y proyectadas a edades mayores, Tercera ed., Lima: INACAL, 2022.
- [7] NTP 339.047:2023, CONCRETO. Definiciones y terminología relativas al concreto y agregados, Quinta ed., Lima: INACAL, 2023.
- [8] Reglamento Nacional de Edificaciones, Norma E.060 Concreto Armado, Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO, 2020.
- [9] ASTM C33, Standard Specification for Concrete Aggregates, Pensilvania: ASTM International, 2023.
- [10] ASTM C94, Standard Specification for Ready-Mixed Concrete, Pensilvania: ASTM International, 2023.
- [11] ACI 318-19, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary (Reapproved 2022), Michigan: American Concrete Institute, 2019.

- [12] Municipalidad Provincial de Ica, «Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos de la Provincia de Ica-PIGARS,» Julio 2012. [En línea]. Available: <https://muniica.gob.pe/transparencia/PIGARS.pdf>.
- [13] A. M. Neville, Properties of Concrete, London Pearson Education Limited, 2011.
- [14] F. Abanto Castillo, Tecnología del Concreto, Lima: Editorial San Marcos, 2009.

## VIII. ANEXOS

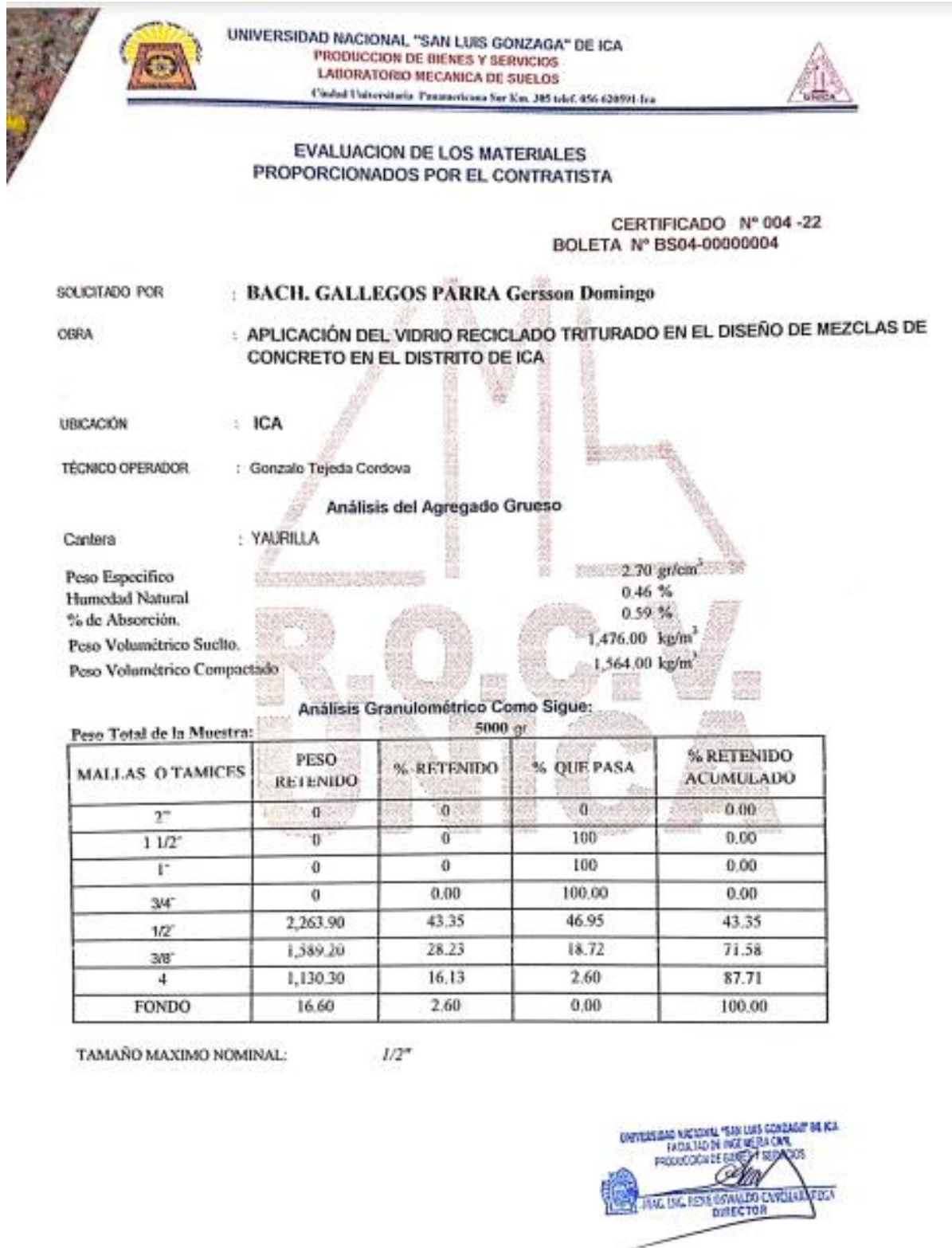


Fig. 23. Analisis del Agregado Grueso  
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



EVALUACION DE LOS MATERIALES  
 PROPORCIONADOS POR EL CONTRATISTA

CERTIFICADO N° 004 -22  
 BOLETA N° BS04-00000004

SOLICITADO POR : BACH. GALLEGOS PARRA Gersson Domingo  
 OBRA : APLICACIÓN DEL VIDRIO RECICLADO TRITURADO EN EL DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO EN EL DISTRITO DE ICA  
 UBICACIÓN : ICA  
 TÉCNICO OPERADOR : Gonzalo Tejeda Cordova  
 Cantera : RIO ICA

**Análisis del Agregado Fino**

Peso Especifico : 2.80 gr/cm<sup>3</sup>  
 Humedad Natural : 0.80 %  
 % de Absorción : 0.59 %  
 Peso Volumétrico Suelto : 1,513.00 kg/m<sup>3</sup>  
 Peso Volumétrico Compactado : 1,606.00 kg/m<sup>3</sup>

Análisis Granulométrico Como Sigue:

Peso Total de la Muestra:

1000 gr.

MALLAS O TAMICES	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA	% RETENIDO ACUMULADO
3/8"	0	0	100.00	0
4	12.2	1.22	98.78	1.22
8	18.50	1.85	96.93	3.07
16	71.40	7.14	89.79	10.21
30	276.20	27.62	62.17	37.83
50	414.00	41.40	20.77	79.23
100	170.60	17.06	3.70	96.29
200	29.90	2.99	0.71	99.28
FONDO	7.20	0.72	0.00	100.00

MODULO DE FINEZA: 2.28



Fig. 24. Analisis del Agregado Fino  
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO =  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup> PROBON

CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1.00 m<sup>3</sup> de MEZCLA

$f'c$  = 210 Kg. / cm<sup>2</sup> a los 28 días en condiciones normales y en probetas cilíndricas de 6" x 12"

Cemento SOL TIPO 1 - PORTLAND	388 Kg/m <sup>3</sup>
ARENA	760 Kg/m <sup>3</sup>
PIEDRA 1/2"	1010 Kg/m <sup>3</sup>
AGUA	220 Lts/m <sup>3</sup>

Característica de la Mezcla

Relación A/C	0.57
Asentamiento	2" - 4"
Densidad	2,378 Kg/m <sup>3</sup>

PROPORCION EN PESO	1 :	1.96	2.62
PROPORCION EN VOLUMEN	1 :	1.95	2.63

CANTIDAD DE MATERIALES PARA 01 BOLSA DE CEMENTO:

- Cemento	1 Bolsa
- Arena	83.30 Kg/bolsa
- Piedra	111.35 Kg/bolsa
- Agua	24.23 Lt/ bolsa

NOTA: Los materiales fueron proporcionados por el Solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
  
 ING. LIC. REXY USUALDO ENCALADA POMA  
 DIRECTOR

Fig. 25. Diseño de Mezcla de Concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>  
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO =  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup> -CON VIDRIO RECICLADO AL 10%**

**CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1.00 m<sup>3</sup> de MEZCLA**

$f'c = 210 \text{ Kg. / cm}^2$  a los 28 días en condiciones normales y en probetas cilíndricas de 6" x 12"

<b>Cemento SOL TIPO I - PORTLAND</b>	388 Kg/m <sup>3</sup>
<b>ARENA</b>	760 Kg/m <sup>3</sup>
<b>PIEDRA 1/2"</b>	909 Kg/m <sup>3</sup>
<b>AGUA</b>	220 Lts/m <sup>3</sup>
<b>VIDRIO RECICLADO</b>	101 Kg/m <sup>3</sup>

Característica de la Mezcla

<b>Relación A/C</b>	0.57
<b>Asentamiento</b>	2" - 4"
<b>Densidad</b>	2,378 Kg/m <sup>3</sup>

<b>PROPORCION EN PESO</b>	1 :	1.96	2.36	0.26
<b>PROPORCION EN VOLUMEN</b>	1 :	1.95	2.37	0.26

**CANTIDAD DE MATERIALES PARA 01 BOLSA DE CEMENTO:**

- Cemento	1 Bolsa
- Arena	83.30 Kg/bolsa
- Piedra	100.29 Kg/bolsa
- Agua	24.23 Lt/ bolsa
- Vidrio Reciclado	11.06 Kg/bolsa

**NOTA:** Los materiales fueron proporcionados por el Solicitante.



Fig. 26. Diseño de Mezcla de Concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con Vidrio Reciclado al 10%  
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO =  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup> -CON VIDRIO RECICLADO AL 20%**

**CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1.00 m<sup>3</sup> de MEZCLA**

$f'c$  = 210 Kg. / cm<sup>2</sup> a los 28 días en condiciones normales y en probetas cilíndricas de 6" x 12"

<b>Cemento SOL TIPO 1 - PORTLAND</b>	388 Kg/m <sup>3</sup>
<b>ARENA</b>	760 Kg/m <sup>3</sup>
<b>PIEDRA 1/2"</b>	808 Kg/m <sup>3</sup>
<b>AGUA</b>	220 Lts/m <sup>3</sup>
<b>VIDRIO RECICLADO</b>	202 Kg/m <sup>3</sup>

Característica de la Mezcla

<b>Relación A/C</b>	0.57
<b>Asentamiento</b>	2" - 4"
<b>Densidad</b>	2,378 Kg/m <sup>3</sup>

<b>PROPORCION EN PESO</b>	1 :	1.96	2.10	0.52
<b>PROPORCION EN VOLUMEN</b>	1 :	1.95	2.11	0.53

**CANTIDAD DE MATERIALES PARA 01 BOLSA DE CEMENTO:**

- Cemento	1 Bolsa
- Arena	83.30 Kg/bolsa
- Piedra	89.08 Kg/bolsa
- Agua	24.23 Lt/ bolsa
- Vidrio Reciclado	22.27 Kg/bolsa

**NOTA:** Los materiales fueron proporcionados por el Solicitante.



Fig. 27. Diseño de Mezcla de Concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con Vidrio Reciclado al 20%  
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO =  $f'c$  210 Kg/cm<sup>2</sup> - CON VIDRIO RECICLADO AL 30%**

**CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1.00 m<sup>3</sup> de MEZCLA**

$f'c = 210$  Kg. / cm<sup>2</sup> a los 28 días en condiciones normales y en probetas cilíndricas de 6" x 12"

<b>Cemento SOL TIPO I - PORTLAND</b>	388 Kg/m <sup>3</sup>
<b>ARENA</b>	760 Kg/m <sup>3</sup>
<b>PIEDRA 1/2"</b>	707 Kg/m <sup>3</sup>
<b>AGUA</b>	220 Lts/m <sup>3</sup>
<b>VIDRIO RECICLADO</b>	303 Kg/m <sup>3</sup>
<u>Característica de la Mezcla</u>	
<b>Relación A/C</b>	0.57
<b>Asentamiento</b>	2" - 4"
<b>Densidad</b>	2,378 Kg/m <sup>3</sup>
<b>PROPORCION EN PESO</b>	1: 1.96 1.83 0.79
<b>PROPORCION EN VOLUMEN</b>	1: 1.95 1.84 0.79

**CANTIDAD DE MATERIALES PARA 01 BOLSA DE CEMENTO:**

- Cemento	1 Bolsa
- Arena	83.30 Kg/bolsa
- Piedra	77.95 Kg/bolsa
- Agua	24.23 Lt/ bolsa
- Vidrio Reciclado	33.40 Kg/bolsa

**NOTA:** Los materiales fueron proporcionados por el Solicitante.



Fig. 28. Diseño de Mezcla de Concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> con Vidrio Reciclado al 30%  
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
PROBETAS QUE FUERON ELABORADAS Y ENSAYADAS EN EL  
LABORATORIO

Cemento CEMENTO SOL TIPO I - PORTLAND  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$

AREA:  $176.72 \text{ cm}^2$

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (dias)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	06/10/2022	13/10/2022	15.00	7	26,779.44	151.54	DISEÑO NORMAL 72.16%
2	06/10/2022	13/10/2022	15.00	7	26,674.12	150.94	DISEÑO NORMAL 71.88%
3	06/10/2022	13/10/2022	15.00	7	26,701.51	151.10	DISEÑO NORMAL 71.95%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (dias)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	06/10/2022	20/10/2022	15.00	14	32,635.60	184.67	DISEÑO NORMAL 87.94%
2	06/10/2022	20/10/2022	15.00	14	32,568.79	184.30	DISEÑO NORMAL 87.76%
3	06/10/2022	20/10/2022	15.00	14	32,735.80	185.24	DISEÑO NORMAL 88.21%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (dias)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	06/10/2022	03/11/2022	15.00	28	41,998.75	237.66	DISEÑO NORMAL 113.17%
2	06/10/2022	03/11/2022	15.00	28	41,549.70	235.12	DISEÑO NORMAL 111.96%
3	06/10/2022	03/11/2022	15.00	28	41,816.90	236.63	DISEÑO NORMAL 112.68%

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRELACIONES ESTRUCTURALES  
MAG. ING. RENE OSVALDO CANGALLO VELAZQUEZ  
DIRECTOR

Fig. 29. Resistencia de Probetas de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$   
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
PROBETAS QUE FUERON ELABORADAS Y ENSAYADAS EN EL  
LABORATORIO

CEMENTO SOL TIPO I - PORTLAND  $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$  CON EL 10% DE VIDRIO

AREA:  $176.72 \text{ cm}^2$

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (dias)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	07/10/2022	14/10/2022	15.00	7	31,998.75	181.07	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 86.22%
2	07/10/2022	14/10/2022	15.00	7	31,761.23	179.73	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 85.59%
3	07/10/2022	14/10/2022	15.00	7	31,876.28	180.38	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 85.90%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (dias)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	07/10/2022	21/10/2022	15.00	14	39,746.68	224.91	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 107.10%
2	07/10/2022	21/10/2022	15.00	14	39,550.11	223.80	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 106.57%
3	07/10/2022	21/10/2022	15.00	14	39,394.13	222.92	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 106.15%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (dias)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	07/10/2022	04/11/2022	15.00	28	46,140.35	261.09	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 124.33%
2	07/10/2022	04/11/2022	15.00	28	45,888.10	259.67	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 123.65%
3	07/10/2022	04/11/2022	15.00	28	46,003.04	260.32	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 123.98%

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PROFESOR DE INVESTIGACION  
ING. ENL. RENE TORALDO CAYEADO VERA  
DIRECTOR

Fig. 30. Resistencia de Probetas de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con Vidrio Reciclado al 10%  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
PROBETAS QUE FUERON ELABORADAS Y ENSAYADAS EN EL  
LABORATORIO

Cemento CEMENTO SOL TIPO I - PORTLAND  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  CON EL 20% DE VIDRIO

AREA: 176.72 cm<sup>2</sup>

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. Kg/cm <sup>2</sup>	Descripcion
1	10/10/2022	17/10/2022	15.00	7	36,357.84	205.74	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 97.97%
2	10/10/2022	17/10/2022	15.00	7	36,647.31	207.38	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 98.75%
3	10/10/2022	17/10/2022	15.00	7	36,573.09	206.96	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 98.55%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. Kg/cm <sup>2</sup>	Descripcion
1	10/10/2022	24/10/2022	15.00	14	38,899.96	220.12	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 104.82%
2	10/10/2022	24/10/2022	15.00	14	39,126.34	221.40	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 105.43%
3	10/10/2022	24/10/2022	15.00	14	39,426.94	223.10	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 106.24%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. Kg/cm <sup>2</sup>	Descripcion
1	10/10/2022	07/11/2022	15.00	28	43,149.19	244.17	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 116.27%
2	10/10/2022	07/11/2022	15.00	28	42,919.11	242.87	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 115.65%
3	10/10/2022	07/11/2022	15.00	28	43,464.64	245.95	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 117.12%

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PROFESOR DE INVESTIGACION  
ING. DR. RENE OSWALDO CARRASCO  
DIRECTOR

Fig. 31. Resistencia de Probetas de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con Vidrio Reciclado al 20%  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$   
 PROBETAS QUE FUERON ELABORADAS Y ENSAYADAS EN EL  
 LABORATORIO

Cemento CEMENTO SOL TIPO I - PORTLAND  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  CON EL 30% DE VIDRIO

AREA:  $176.72 \text{ cm}^2$

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	11/10/2022	18/10/2022	15.00	7	33,099.48	187.30	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 89.19%
2	11/10/2022	18/10/2022	15.00	7	32,873.10	186.02	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 88.58%
3	11/10/2022	18/10/2022	15.00	7	32,928.77	186.33	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 88.73%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	11/10/2022	25/10/2022	15.00	14	34,969.88	197.88	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 94.23%
2	11/10/2022	25/10/2022	15.00	14	34,684.13	196.27	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 93.46%
3	11/10/2022	25/10/2022	15.00	14	34,836.28	197.13	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 93.87%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	11/10/2022	08/11/2022	15.00	28	37,912.80	214.54	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 102.16%
2	11/10/2022	08/11/2022	15.00	28	37,612.20	212.83	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 101.35%
3	11/10/2022	08/11/2022	15.00	28	37,679.05	213.21	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 101.53%

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 PRODUCCION DE BENEVOLENCIA  
 MSc. DR. WENDELINO CAMAYENCA  
 DIRECTOR

Fig. 32. Resistencia de Probetas de  $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con Vidrio Reciclado al 30%  
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO =  $f'c$  175 Kg/cm<sup>2</sup> PATRON

CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1.00 m<sup>3</sup> de MEZCLA

$f'c$  = 175 Kg. / cm<sup>2</sup> a los 28 días en condiciones normales y en probetas cilíndricas de 6" x 12"

Cemento SOL TIPO I - PORTLAND	343 Kg/m <sup>3</sup>
ARENA	820 Kg/m <sup>3</sup>
PIEDRA 1/2"	1010 Kg/m <sup>3</sup>
AGUA	218 Lts/m <sup>3</sup>

Característica de la Mezcla

Relación A/C	0.64
Asentamiento	2" - 4"
Densidad	2,391 Kg/m <sup>3</sup>
PROPORCION EN PESO	1 : 2.39 2.94
PROPORCION EN VOLUMEN	1 : 2.39 3.02

CANTIDAD DE MATERIALES PARA 01 BOLSA DE CEMENTO:

- Cemento	1 Bolsa
- Arena	101.57 Kg/bolsa
- Piedra	124.95 Kg/bolsa
- Agua	27.20 Lt/ bolsa

NOTA: Los materiales fueron proporcionados por el Solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
 M.M. ING. RENE USWALDO CANCHAREVICHA  
 DIRECTOR

Fig. 33. Diseño de Mezcla de Concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>  
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO =  $f'c$  175 Kg/cm<sup>2</sup> -CON VIDRIO RECICLADO AL 10%

CANTIDAD DE-MATERIALES PARA 1.00 m<sup>3</sup> de MEZCLA

$f'c$  = 175 Kg. / cm<sup>2</sup> a los 28 días en condiciones normales y en probetas cilíndricas de 6" x 12"

Cemento SOL TIPO I - PORTLAND	343 Kg/m <sup>3</sup>
ARENA	820 Kg/m <sup>3</sup>
PIEDRA 1/2"	909 Kg/m <sup>3</sup>
AGUA	218 Lts/m <sup>3</sup>
VIDRIO RECICLADO	101 Kg/m <sup>3</sup>

Característica de la Mezcla

Relación A/C	0.64
Asentamiento	2" - 4"
Densidad	2,391 Kg/m <sup>3</sup>
PROPORCION EN PESO	1 : 2.39 2.65 0.29
PROPORCION EN VOLUMEN	1 : 2.39 2.72 0.30

CANTIDAD DE MATERIALES PARA 01 BOLSA DE CEMENTO:

- Cemento	1 Bolsa
- Arena	101.57 Kg/bolsa
- Piedra	112.45 Kg/bolsa
- Agua	27.20 Lt/ bolsa
- Vidrio Reciclado	12.50 Kg/bolsa

NOTA: Los materiales fueron proporcionados por el Solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
  
 ING. ING. WENE OSWALDO CANCHABI PÉREZ  
 DIRECTOR

Fig. 34. Diseño de Mezcla de Concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>  
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO =  $f'c$  175 Kg/cm<sup>2</sup> -CON VIDRIO RECICLADO AL 20%**

**CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1.00 m<sup>3</sup> de MEZCLA**

$f'c$  = 175 Kg. / cm<sup>2</sup> a los 28 días en condiciones normales y en probetas cilíndricas de 6" x 12"

<b>Cemento SOL TIPO I - PORTLAND</b>	343 Kg/m <sup>3</sup>
<b>ARENA</b>	820 Kg/m <sup>3</sup>
<b>PIEDRA 1/2"</b>	808 Kg/m <sup>3</sup>
<b>AGUA</b>	218 Lts/m <sup>3</sup>
<b>VIDRIO RECICLADO</b>	202 Kg/m <sup>3</sup>

Característica de la Mezcla

<b>Relación A/C</b>	0.64
<b>Asentamiento</b>	2" - 4"
<b>Densidad</b>	2,391 Kg/m <sup>3</sup>

<b>PROPORCION EN PESO</b>	1 :	2.39	2.35	0.59
<b>PROPORCION EN VOLUMEN</b>	1 :	2.39	2.42	0.60

**CANTIDAD DE MATERIALES PARA 01 BOLSA DE CEMENTO:**

- Cemento	1 Bolsa
- Arena	101.57 Kg/bolsa
- Piedra	99.96 Kg/bolsa
- Agua	27.20 Lt/ bolsa
- Vidrio Reciclado	24.99 Kg/bolsa

**NOTA:** Los materiales fueron proporcionados por el Solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
 ING. ENGR. RENE OSWALDO CANCELA  
 DIRECTOR

Fig. 35. Diseño de Mezcla de Concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>  
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



**DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO =  $f'c$  175 Kg/cm<sup>2</sup> -CON VIDRIO RECICLADO AL 30%**

**CANTIDAD DE MATERIALES PARA 1.00 m<sup>3</sup> de MEZCLA**

$f'c$  = 175 Kg. / cm<sup>2</sup> a los 28 días en condiciones normales y en probetas cilíndricas de 6" x 12"

<b>Cemento SOL TIPO I - PORTLAND</b>	343 Kg/m <sup>3</sup>
<b>ARENA</b>	820 Kg/m <sup>3</sup>
<b>PIEDRA 1/2"</b>	707 Kg/m <sup>3</sup>
<b>AGUA</b>	218 Lts/m <sup>3</sup>
<b>VIDRIO RECICLADO</b>	303 Kg/m <sup>3</sup>

Característica de la Mezcla

<b>Relación A/C</b>	0.64
<b>Asentamiento</b>	2" - 4"
<b>Densidad</b>	2,391 Kg/m <sup>3</sup>

<b>PROPORCION EN PESO</b>	1 :	2.39	2.06	0.88
<b>PROPORCION EN VOLUMEN</b>	1 :	2.39	2.11	0.91

**CANTIDAD DE MATERIALES PARA 01 BOLSA DE CEMENTO:**

- Cemento	1 Bolsa
- Arena	101.57 Kg/bolsa
- Piedra	87.46 Kg/bolsa
- Agua	27.20 Lt/ bolsa
- Vidrio Reciclado	37.48 Kg/bolsa

**NOTA:** Los materiales fueron proporcionados por el Solicitante.

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 PRODUCCION DE BIENES Y SERVICIOS  
 MAG. ING. RENE OSWALDO CANCHANI VARGAS  
 DIRECTOR

Fig. 36. Diseño de Mezcla de Concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>  
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$   
PROBETAS QUE FUERON ELABORADAS Y ENSAYADAS EN EL  
LABORATORIO

CEMENTO SOL TIPO I - PORTLAND  $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$  PATRON

AREA: 176.72  $\text{cm}^2$

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	12/10/2022	19/10/2022	15.00	7	22,310.23	126.25	DISEÑO NORMAL 72.14%
2	12/10/2022	19/10/2022	15.00	7	22,075.97	124.92	DISEÑO NORMAL 71.38%
3	12/10/2022	19/10/2022	15.00	7	22,190.41	125.57	DISEÑO NORMAL 71.75%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	12/10/2022	26/10/2022	15.00	14	26,993.25	152.75	DISEÑO NORMAL 87.29%
2	12/10/2022	26/10/2022	15.00	14	26,899.45	152.22	DISEÑO NORMAL 86.98%
3	12/10/2022	26/10/2022	15.00	14	26,975.33	152.64	DISEÑO NORMAL 87.22%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	12/10/2022	09/11/2022	15.00	28	33,915.80	191.92	DISEÑO NORMAL 109.67%
2	12/10/2022	09/11/2022	15.00	28	34,335.40	194.29	DISEÑO NORMAL 111.02%
3	12/10/2022	09/11/2022	15.00	28	34,095.30	192.93	DISEÑO NORMAL 110.25%

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
PRODUCCION DE BENS Y SERVICIOS  
MAG. ING. RENE OSWALDO CANCHALI  
DIRECTOR

Fig. 37. Resistencia de Probetas de  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$   
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$   
 PROBETAS QUE FUERON ELABORADAS Y ENSAYADAS EN EL  
 LABORATORIO

CEMENTO SOL TIPO I - PORTLAND  $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$  CON EL 10% DE VIDRIO

AREA: 176.72 cm<sup>2</sup>

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. Kg/cm <sup>2</sup>	Descripcion
1	13/10/2022	20/10/2022	15.00	7	26,423.10	149.52	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 85.44%
2	13/10/2022	20/10/2022	15.00	7	26,187.96	148.19	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 84.68%
3	13/10/2022	20/10/2022	15.00	7	26,385.50	149.31	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 85.32%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. Kg/cm <sup>2</sup>	Descripcion
1	13/10/2022	27/10/2022	15.00	14	31,873.52	180.36	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 103.06%
2	13/10/2022	27/10/2022	15.00	14	31,972.40	180.92	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 103.38%
3	13/10/2022	27/10/2022	15.00	14	31,865.15	180.31	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 103.03%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. Kg/cm <sup>2</sup>	Descripcion
1	13/10/2022	10/11/2022	15.00	28	37,425.93	211.78	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 121.02%
2	13/10/2022	10/11/2022	15.00	28	37,984.50	214.94	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 122.82%
3	13/10/2022	10/11/2022	15.00	28	37,297.35	211.05	DISEÑO CON VIDRIO AL 10% = 120.60%

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 PRODUCCION DE BOCAS Y SERVICIOS  
  
 MAG. ING. RENÉ OSVALDO LANCHASIVI  
 INGENIERO

Fig. 38. Resistencia de Probetas de  $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$   
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$   
 PROBETAS QUE FUERON ELABORADAS Y ENSAYADAS EN EL  
 LABORATORIO

CEMENTO SOL TIPO I - PORTLAND  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$  CON EL 20% DE VIDRIO

AREA: 176.72 cm<sup>2</sup>

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. Kg/cm <sup>2</sup>	Descripcion
1	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	30,594.71	173.13	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 98.93%
2	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	30,325.21	171.60	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 98.06%
3	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	30,032.40	169.94	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 97.11%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. Kg/cm <sup>2</sup>	Descripcion
1	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	31,910.62	180.57	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 103.18%
2	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	32,134.35	181.84	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 103.91%
3	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	32,124.22	181.78	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 103.87%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. Kg/cm <sup>2</sup>	Descripcion
1	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	35,348.15	200.02	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 114.30%
2	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	35,189.44	199.13	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 113.79%
3	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	34,958.33	197.82	DISEÑO CON VIDRIO AL 20% = 113.04%

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 PRODUCCIÓN DE Bienes Y SERVICIOS  
  
 ING. ENL. RENE OSWALDO GUERRA VELY  
 DIRECTOR

Fig. 39. Resistencia de Probetas de  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$   
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO  $f_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$   
 PROBETAS QUE FUERON ELABORADAS Y ENSAYADAS EN EL  
 LABORATORIO

CEMENTO SOL TIPO I - PORTLAND  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$  CON EL 30% DE VIDRIO

AREA:  $176.72 \text{ cm}^2$

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	26,466.47	149.76	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 85.58%
2	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	26,654.68	150.83	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 86.19%
3	14/10/2022	21/10/2022	15.00	7	26,887.30	152.15	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 86.94%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	28,533.80	161.46	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 92.26%
2	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	28,343.90	160.39	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 91.65%
3	14/10/2022	28/10/2022	15.00	14	28,502.50	161.29	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 92.17%

COD.	Fecha Testigo	Fecha de Ensayo	Diamet. (cms)	Edad (días)	Carga Max. en Kg	Tension Max. $\text{Kg/cm}^2$	Descripcion
1	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	31,466.38	178.06	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 101.75%
2	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	31,336.41	177.32	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 101.33%
3	14/10/2022	11/11/2022	15.00	28	31,315.72	177.21	DISEÑO CON VIDRIO AL 30% = 101.26%

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 PRODUCCION DE BLOQUES Y SERVIDOS  
  
 ING. RENE OSWALDO CANCHABI VILCA  
 DIRECTOR

Fig. 40. Resistencia de Probetas de  $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$   
 Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 41. Muestra de agregados para ensayos en laboratorio  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 42. Muestra de agregado fino para ensayos en laboratorio  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 43. Vidrio reciclado triturado para mezclas de concreto  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 44. Vidrio reciclado para mezclas de concreto  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 45. Triturado de vidrio reciclado

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 46. Triturado de vidrio reciclado

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 47. Vidrio reciclado triturado

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 48. Peso de agregado fino

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 49. Rotura de Probetas en el Laboratorio  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 50. Peso de agregado grueso  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 51. Tamizado de agregado fino  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 52. Tamizado de agregado grueso  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 53. Ensayo granulométrico de agregados  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 54. Porcentaje retenido de agregados  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 55. Vidrio reciclado triturado en reemplazo de agregado grueso  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 56. Tamizado de Vidrio reciclado triturado  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 57. Rotura de Probetas en el Laboratorio  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 58. Rotura de Probetas en el Laboratorio  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 59. Ensayo de Probetas en el Laboratorio  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 60. Ensayo de Probetas en el Laboratorio  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil



Fig. 61. Muestra de Probetas a ser ensayadas en el Laboratorio  
Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Facultad de Ingeniería Civil