



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Resistencia a la compresión de un concreto agregando vidrio reciclado finamente
molido**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES

Deivy Jean Carlos León Reyes (ORCID: 0000-0001-5163-1441)

Daniel Alexis Rázuri Cueva (ORCID: 0000-0002-9969-3147)

ASESOR

Mg. Marlon Gastón Farfán Córdova (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño Sísmico y Estructural

TRUJILLO – PERÚ

2020

Dedicatoria

A Dios, por darme sabiduría y perseverancia en los momentos difíciles, por darme fuerza para cumplir una de mis metas más importantes en mi vida.

A mis queridos padres, Máximo y Tatiana, por haber inculcado en mí, los valores como la responsabilidad y honestidad, por acompañarme en cada obstáculo y siempre brindarme su cariño y valor.

A mis hermanos, Ruth y Adrian, por confiar en mí y ser un ejemplo a seguir para ellos, por brindarme motivación para seguir adelante.

A mi abuelito Armando, por confiar en cada paso que di en todo momento y a mi pareja Jhanela, apoyándome en cada circunstancia con su amor incondicional.

Deivy Jean Carlos León Reyes

A Dios, por guiar mis pasos en la vida, dándome salud y discernimiento para cumplir mis objetivos en el transcurso de mi carrera profesional.

A mi querida madre Gladys, que con su amor absoluto me ha brindado fortaleza y motivación para cumplir mis metas, tus consejos me han encaminado a ser una persona de bien, gracias por siempre apoyarme.

A mi abuelita Nereyda, por ser el fiel ejemplo de perseverancia, tus valores y enseñanzas me animan a salir adelante, por tu amor y ayuda incondicional junto con Carlita.

A mi familia en general, por estar en los momentos más difíciles, por darme confianza y optimismo para lograr mis propósitos.

Daniel Alexis Rázuri Cueva

Agradecimiento

Este estudio, se elaboró en la Universidad César Vallejo de Trujillo, que, mediante la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, nos ayudaron de manera directa o indirectamente, acompañándonos en nuestra formación a lo largo de estos 5 años de carrera.

A nuestro asesor de tesis el Mg. Marlon Farfán Córdova, agradecerle por su paciencia en el transcurso de nuestra investigación, por sus consejos en la revisión de nuestros progresivos avances, por su tiempo y apoyo para finalizar nuestro trabajo.

Nos gustaría agradecer a todos nuestros docentes, que con sus enseñanzas inculcaron en nosotros la pasión por la Ingeniería Civil, resaltando la ética para ejercer nuestra carrera con profesionalismo.

También agradecer al Laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo y a la empresa WBG Ingenieros, por permitirnos usar sus instalaciones para realizar nuestra tesis.

Por último, agradecer a nuestros amigos y compañeros, por haber compartido tantas experiencias y conocimientos en el desarrollo de nuestra vida universitaria, a todos gracias por su apoyo y motivación.

Trujillo, 12 de agosto del 2020

Página del Jurado

Declaratoria de autenticidad

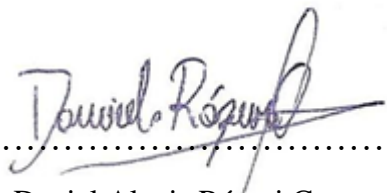
Nosotros, Deivy Jean Carlos León Reyes y Daniel Alexis Rázuri Cueva, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificados con DNI N° 72659448 y 71942368; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaramos bajo juramento que la tesis es de nuestra autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es veraz y auténtica.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la presente tesis, como de información adicional aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 12 de agosto del 2020



.....
Deivy Jean Carlos León Reyes



.....
Daniel Alexis Rázuri Cueva

ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado.....	iv
Declaratoria de autenticidad	v
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	9
2.1. Tipo y Diseño de Investigación	9
2.2. Operacionalización de Variables	10
2.3. Población, muestra y muestreo	11
2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	11
2.5. Procedimiento	12
2.6. Métodos de análisis de datos.....	14
2.7. Aspectos éticos	14
III. RESULTADOS	15
3.1 Análisis del Vidrio Reciclado Finamente Molido y ensayos realizados a los Agregados	15
3.1.1. Granulometría y módulo de fineza del Vidrio Molido.....	15
3.1.2. Ensayos Realizados a los Agregados	16
3.2. Diseño de mezcla según el Comité 211 del ACI	24
3.2.1. Características de los agregados:.....	25
3.2.2. Determinar la resistencia requerida:.....	25
3.2.3. Determinar la resistencia promedio:	25
3.2.4. Tamaño máximo nominal (TMN):.....	25
3.2.5. Determinación del asentamiento (Slump):.....	26
3.2.6. Determinación del volumen unitario del agua para el diseño:.....	26
3.2.7. Determinación del contenido de aire:.....	26
3.2.8. Determinación de la relación agua/cemento (a/c), por resistencia y durabilidad:	27
3.2.9. Determinación del Factor Cemento:	28
3.2.10. Selección del peso del Agregado Grueso:.....	29

3.2.11. Cálculo de los volúmenes absolutos de los materiales.....	30
3.2.12. Cálculo del Peso del Agregado Fino (af):	31
3.2.13. Valores de diseño en estado seco:	31
3.2.14. Corrección de valores de diseño por humedad.....	31
3.2.15. Pesos corregidos por humedad.....	33
3.2.16. Proporciones en peso:.....	33
3.2.17. Pesos para la elaboración de los testigos de concreto	33
3.2.18. Volumen de probeta:	33
3.2.19. Volumen del cono de Abrams:.....	34
3.2.20. Pesos para la elaboración de testigos:	34
3.2.21. Pesos de VRFM para 1m ³ de concreto y para la elaboración de testigos:	34
3.2.22. Consistencia de la mezcla (Slump):	35
3.3. Determinación de la resistencia a la compresión de las muestras ensayadas	36
3.3.1. Cálculo de la resistencia a cargas de compresión	36
3.3.2. Rotura de testigos.....	36
3.3.3. Porcentaje de las resistencias obtenidas en relación al concreto patrón	38
3.4. Comparación de las resistencias obtenidas, mediante el Análisis Estadístico.....	39
IV. DISCUSIÓN.....	42
4.1. Asentamiento del concreto en estado fresco.....	42
4.2. Comparación entre probetas de concreto patrón y con VRFM	42
4.3. Análisis Estadístico.....	43
V. CONCLUSIONES.....	44
VI. RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS	45
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de Probetas.....	11
Cuadro 2. Resumen de Normas	12
Cuadro 3. Granulometría del vidrio reciclado finamente molido.....	15
Cuadro 4. Granulometría del agregado fino.	17
Cuadro 5. Granulometría de agregado grueso	18
Cuadro 6. Resumen de resultados del peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.	20
Cuadro 7. Cantidad mínima para el ensayo del agregado grueso.....	21
Cuadro 8. Resumen de resultados del peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.	22
Cuadro 9. Resumen del Contenido de humedad en agregados fino y grueso.	24
Cuadro 10. Resumen de análisis de agregado fino y grueso.	25
Cuadro 11. Determinación del asentamiento.....	26
Cuadro 12. Determinación del volumen unitario del agua.....	26
Cuadro 13. Determinación del contenido de aire.	27
Cuadro 14. Determinación de la relación (a/c) por resistencia.....	27
Cuadro 15. Determinación de relación (a/c) por durabilidad.	28
Cuadro 16. Promedio de la relación (a/c) por promedio y durabilidad.	28
Cuadro 17. Selección del peso del agregado grueso.	29
Cuadro 18. Valores de diseño en estado seco.....	31
Cuadro 19. Pesos corregidos por humedad	33
Cuadro 20. Proporciones para diseño de mezcla de 210 kg/cm^3	33
Cuadro 21. Pesos para la elaboración de testigos de concreto	34
Cuadro 22. Pesos para la elaboración de testigos de concreto por tanda.	35
Cuadro 23. Asentamiento del concreto en estado fresco.....	35
Cuadro 24. Porcentaje de Resistencia Según Días de Curado.....	36
Cuadro 25. Resistencia a la compresión de las probetas a 14 y 28 días de curado.	37
Cuadro 26. Porcentaje de la resistencia a la compresión respecto a la muestra patrón.....	38
Cuadro 27. Prueba de normalidad para 14 días de curado	39
Cuadro 28. Análisis de Varianza (ANOVA) para 14 días de curado	40
Cuadro 29. Prueba de Comparaciones Múltiples HSD Tukey para 14 días de curado	40

Cuadro 30. Prueba de normalidad para 28 días de curado	40
Cuadro 31. Análisis de Varianza (ANOVA) para 28 días de curado	41
Cuadro 32. Prueba de Comparaciones Múltiples HSD Tukey para 28 días de curado	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva granulométrica del vidrio reciclado finamente molido.	15
Figura 2. Curva granulométrica del agregado fino.....	17
Figura 3. Curva granulométrica del agregado grueso.....	18
.....	37
Figura 4. Resistencia a la compresión según porcentaje de vidrio reciclado finamente molido.....	37
Figura 5. Resistencia a la compresión según días de curado de probetas.	38
Figura 6. Porcentaje de la resistencia a la compresión de las muestras experimentales con respecto a la muestra patrón.	39
Figura 7. Recolección de botellas de vidrio y trituración de botellas de vidrio	51
Figura 8. Molienda de botellas de vidrio y granulometría del vidrio molido.....	51
Figura 9. Materiales: Vidrio molido y agregado fino.....	52
Figura 10. Materiales: Cemento P. Antisalitre y agregado grueso.....	52
Figura 11. Medida del slump del concreto	53
Figura 12. Desencofrado de probetas y curado de probetas	53
Figura 13. Ensayo de resistencia a la compresión a 14 días de curado	54
Figura 14. Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días de curado	54
Figura 15. Análisis Granulométrico del Vidrio Reciclado Finamente Molido	55
Figura 16. Análisis Granulométrico del Agregado Fino	56
Figura 17. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso	57
Figura 18. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino.....	58
Figura 19. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso	59
Figura 20. Peso Unitario y Vacíos del Agregado Fino (Método Suelto)	60
Figura 21. Peso Unitario y Vacíos del Agregado Fino (Método Compactado por apisonado)	61
.....	61
Figura 22. Peso Unitario y Vacíos del Agregado Grueso (Método Suelto)	62
Figura 23. Peso Unitario y Vacíos del Agregado Grueso (Método Compactado por apisonado).....	63
Figura 24. Ensayo de Contenido de Humedad total del Agregado Fino por secado.....	64
Figura 25. Ensayo de Contenido de Humedad total del Agregado Grueso por secado.....	65
Figura 26. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón a 14 días de curado	66

Figura 27. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 10 % de VRFM a 14 días de curado	67
Figura 28. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 15 % de VRFM a 14 días de curado	68
Figura 29. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 20 % de VRFM a 14 días de curado	69
Figura 30. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón a 28 días de curado	70
Figura 31. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 10 % de VRFM a 28 días de curado	71
Figura 32. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 15 % de VRFM a 28 días de curado	72
Figura 33. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 20 % de VRFM a 28 días de curado	73

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo principal determinar la influencia del vidrio reciclado finamente molido (VRFM) en porcentajes distintos en la resistencia a la compresión del concreto $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con cemento Pacasmayo Antisalitre. Para ello se realizó el análisis granulométrico al VRFM y los ensayos en laboratorio a los agregados en base a las normas ASTM C33 y ASTM C136, posteriormente se elaboró el diseño de mezcla por el método Comité 211 del ACI. Asimismo, se realizó el ensayo de resistencia a la compresión para la edad de 14 y 28 días de curado donde se tuvo un grupo control y 3 grupos experimentales con 10%, 15% y 20% de VRFM en reemplazo del agregado fino. Los resultados indicaron que todo el grupo experimental superó al grupo patrón y que el grupo con mayor resistencia fue el grupo con un 15% de VRFM, con resistencia de 274.13 kg/cm^2 a los 14 días y con 294.80 kg/cm^2 a los 28 días, superando al grupo control en un 56.4% y 19.1% respectivamente. Se concluye que el VRFM aumenta la resistencia del concreto, obteniendo el mayor valor con 15% de reemplazo.

Palabras clave: Vidrio, agregados, concreto, resistencia a la compresión, rotura de probetas.

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the influence of finely ground recycled glass (VRFM) in different percentages on the compressive strength of concrete $f'_c = 210$ kg/cm² with Pacasmayo Antisalitre cement. For this, the granulometric analysis was performed at the VRFM and the laboratory tests on the aggregates based on the ASTM C33 and ASTM C136 standards, subsequently the mixture design was elaborated by the ACI Committee 211 method. Likewise, the compression resistance test was performed for the age of 14 and 28 days of cure where there was a control group and 3 experimental groups with 10%, 15% and 20% of VRFM in replacement of the fine aggregate. The results indicated that the entire experimental group exceeded the standard group and that the group with the highest resistance was the group with 15% of MRVF, with resistance of 274.13 kg / cm² at 14 days and with 294.80 kg / cm² at 28 days, surpassing the control group by 56.4% and 19.1% respectively. It is concluded that the VRFM increases the strength of the concrete, obtaining the highest value with 15% replacement.

Keywords: Glass, aggregates, concrete, compressive strength, test tube breakage.

I. INTRODUCCIÓN

Debido al desarrollo constante en la construcción, esta investigación tiene como realidad problemática enfocarse en los procedimientos y materiales de construcción, los cuales están en un constante cambio para tener mejores resultados en las obras ejecutadas y por ende tener el menor costo posible.

La industria de la construcción es apreciada a nivel mundial como la principal causa de la polución, pues genera una gran influencia negativa en el medio ambiente ya sea en contacto directo o indirecto. El sector de la construcción cada vez avanza más y está en constante desarrollo y con esto el incremento de la polución genera impactos nocivos en nuestro entorno (Enshassi; et. al, 2014, p.1).

Actualmente las industrias de cemento son consideradas a nivel mundial como una de los mayores contaminantes ambientales, especialmente de CO₂. En el Perú por ejemplo la dispersión de CO₂ se ha intensificado en un 21% desde 1994 hasta la actualidad, esto se debe a la constante producción del sector construcción (Sobrevilla, 2016, p.1).

En ese sentido, el vidrio es un material que genera contaminación en su fabricación, es por ello que lo más conveniente sería reciclarlo, darle un buen uso y así reducir la cantidad de emisiones de CO₂ que causa su producción. Uno de los motivos importantes para la reutilización del vidrio son las cualidades de impermeabilidad y resistencia, estas propiedades han sido clave para estudios aplicados a la ingeniería dando así su contribución a la conservación del ambiente. Desde otro punto de vista en la industria de la construcción, el concreto cumple una función fundamental, siendo un material indispensable en la mayoría de edificaciones. El concreto tiene como principal base al cemento, el cual permite que alcance la resistencia requerida para cada uso; es una mezcla muy utilizada en la construcción y se obtiene al combinar arena, grava y cemento, estos tres materiales juntos con el agua tienen que tener una distribución ideal para poder alcanzar la resistencia adecuada, de no ser así dicho concreto tendrá fallas tempranas o tardías.

Así mismo, en este proyecto se presenta la siguiente alternativa, reemplazar el 10%, 15% y 20% de agregado fino por vidrio reciclado finamente molido (VRFM), el cual debe pasar por el tamiz 3/8" y quedar retenido en la malla N°100, por tanto, podría aumentar la

resistencia a la compresión teniendo un costo mínimo comparado con la elaboración de un concreto convencional, ya que se utilizará VRFM en sustitución porcentual del agregado fino.

Es por ello que el sector de construcción quiere reutilizar el vidrio por sus propiedades y junto con esto tener un impacto positivo al ambiente, por ejemplo, Australia a utilizado vidrio en el suelo de hormigón en construcciones civiles. (Miranda; et. al, 2014, p.1),

Todas estas razones llevan a que nosotros, futuros Ingenieros Civiles, podamos utilizar VRFM en suplencia del agregado fino en el concreto, siendo una alternativa para disminuir su costo; por otro lado, podrá mejorar las relaciones de las empresas constructoras con las empresas encargadas del cuidado del medio ambiente.

En tal sentido se necesita tener un panorama más amplio del tema, teniendo como antecedentes internacionales las siguientes investigaciones: Rodríguez y Ruiz (2016), en su trabajo “Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio”, tienen como objetivo analizar como favorece la adición de vidrio finamente molido a la resistencia a la compresión; para ello se proyectó distintos concretos, cada uno con desigual porcentaje de reemplazo de cemento, siendo el 15% y 20%; en consecuencia se obtuvo que las probetas con incorporación de micro partículas llegaron a aumentar su resistencia hasta en 250% en relación a la resistencia inicial a 7 días, mientras que las probetas sin incorporación de micro partículas de vidrio solo incrementaron su resistencia un 100%. Se concluyó que la adición de vidrio molido en sustitución porcentual de cemento aumenta la resistencia del hormigón a largo plazo hasta en 150% más que un concreto convencional.

Peñafiel (2016), en su tesis “Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino”, tiene como intención brindar resultados de un estudio de especímenes cilíndricos de mezcla donde se empleó vidrio molido en suplencia porcentual de agregado fino, se hicieron 45 probetas cilíndricas para saber la resistencia a la compresión del hormigón usando desiguales proporciones los cuales fueron de 10%, 20% 30% y 40% de vidrio en sustitución de arena, estas probetas tuvieron un tiempo de curado y rotura a los 7, 14 y 28 días, donde se llegó a

resultados que a 7 días de curado la resistencia no superó a la del concreto patrón, a los 14 días solo superaron al concreto patrón las probetas con 30% y 40%, a los 28 días solo superaron la probeta con 40% al concreto patrón, y se obtuvo un asentamiento que esta entre el rango que es de 6 cm. a 9 cm. para un concreto de 210 kg/cm², donde se aprecia un aumento en la resistencia mientras sea mayor el porcentaje de vidrio usado.

Así mismo también se necesita conocer sobre investigaciones nacionales, Codina (2018), en su tesis “Resistencia a la compresión de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con agregado fino sustituido en 5% y 10% por vidrio molido reciclado”, tiene como principal objetivo encontrar el resultado que tendrá la resistencia a la compresión de un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ cuando se suple el material fino en un 5% y 10% por vidrio reciclado, para su desarrollo utilizaron 27 probetas de las cuales 9 eran de un concreto convencional o concreto patrón, 9 probetas con un 5% de vidrio reciclado y 9 más con un 10% de vidrio reciclado; las probetas fueron curadas a 7, 14 y 28 días, donde se llegó a obtener resultados positivos, donde se aprecia que al usar mas vidrio en las probetas, la resistencia de las probetas sometidas a compresión, obtiene mejores registros.

Obando (2016), en su tesis “Evaluación de la resistencia mecánica del concreto incorporando vidrio reciclado como agregado fino en muros de defensa ribereña en Trujillo. Región la Libertad 2016”. tiene como principal propósito estimar la resistencia a la compresión de un concreto adicionando vidrio reutilizado como agregado fino en muros que serán utilizados como defensa ribereña en Trujillo, donde se llevó obtener resultados de una mejor resistencia mecánica cuando se reemplaza un porcentaje de 20% de agregado fino por vidrio reutilizado, llegando a obtener una reducción de costos. Se concluyó que la adición de VRFM al 20% en reemplazo de agregado fino fue favorable en la investigación.

También se necesita conocer investigaciones del ámbito local, Contreras y Gonzales (2016), en su tesis “Influencia de la cantidad adicionada de vidrio de desecho en reemplazo de agregado fino, sobre la densidad, absorción y resistencia a la compresión en morteros y pilas de albañilería”. tiene como finalidad encontrar los efectos que se producen al adicionar vidrio reutilizado sobre las propiedades del de un mortero y pilas de albañilería; donde se encontró las propiedades físico-mecánicas de un mortero con un material(agregado) fino con un M.F. de 2; al realizar los estudios correspondientes se obtuvo resultados positivos, se vio

que las resistencias de pilas superan la resistencia mínima que es de 3.4 Mpa estipulado en la NTP(E 0.70) en una sustitución de 20% de material fino por vidrio, donde se concluyó que agregando el 20% de desecho de vidrio se disminuye la capacidad de absorción del mortero y no altera en gran parte a la resistencia a la compresión de este mortero.

Chávez (2019), en su tesis “Influencia del tamaño de vidrio molido en la resistencia a compresión del concreto Trujillo 2019”, tiene como principal objetivo encontrar el efecto que produce el tamaño del vidrio en la resistencia a la compresión de un concreto, donde se pretende que este trabajo ayude a reducir la contaminación y minimice el costo en la elaboración del concreto; se reemplazó el agregado fino por vidrio molido en un 30%, 40%, 50% y 60%, además se trabajó con un módulo de fineza de 2.71 y se utilizó el cemento Pacasmayo tipo I, obteniendo resultados a los 7 días de 205 kg/cm² y a los 28 días con una resistencia a la compresión de 249kg/cm². Se puede concluir que al pasar mayor porcentaje de vidrio molido por la malla N° 8 al ser sustituido por agregado fino, las muestras obtienen registros óptimos.

La tesis se cimienta en el análisis de la resistencia de las probetas de concreto, al ser sometidas a compresión, donde se ha sustituido agregado fino por vidrio reciclado finamente molido en diferentes porcentajes, para lo cual es necesario conocer conceptos relacionados al concreto, sus componentes y otros aspectos que a continuación se detallan.

El cemento es un material ubicuo, sobre el que se construye las más modernas edificaciones a nivel mundial, proporcionando resistencia, impermeabilidad y durabilidad para la infraestructura. (Walkey, Provis, 2019, p.1). Por otra parte, la composición química del cemento tiene los siguientes porcentajes de elementos químicos: Óxido de calcio - 63.17 %, Óxido de silicio - 19.98 %, Óxido de aluminio - 5.17 %, Óxido de hierro - 3.27 %, Óxido de magnesio - 0.79 %, Trióxido de Azufre - 2.38 % y otros entre 3 a 5%. (Abdallah, 2014, p.2). Para la selección de agregados del concreto, se deben escoger aquellos provenientes de canteras certificadas, con trazabilidad de un buen desempeño óptimo en la mezcla del concreto, así se da una mejor trabajabilidad y confianza para la elaboración de la mezcla (Bedoya y Dzul, 2015, p.2). De la misma manera el Cemento, es un conglomerante que al mezclarse con agua, fragua y endurece; por otro lado el cemento es un material esencial en las obras civiles de construcción (Sánchez, 2001, p.20).

Actualmente, el cemento más usado es el cemento Portland, del cual se desprende: Cemento Portland Tipo I, que se emplea en todo tipo de obras; Cemento Portland Tipo II, empleado en donde la estructura es sometida a presencia de sulfatos y donde es elevada la napa freática; Cemento Portland Tipo III, el cual logra grandes resistencias en tiempos cortos, su composición química es parecida al del Tipo I; Cemento Portland Tipo IV, su principal uso es mitigar el calor que genera la hidratación, desarrolla su resistencia de una manera más lenta; Cemento Portland Adicionados, el cual es la mezcla a base de Clinker Portland, cenizas volantes y otras puzolanas, su principal uso es en estructuras en presencia de salitre (Sánchez, 2001, p.42).

Para que se considere un material como agregado fino este debe pasar en su totalidad por el tamiz 3/8" y quedar acumulado en el tamiz N°100, su origen por la desintegración de las rocas, este material es llamado como agregado fino (Unicon, 2017, p.1). En este sentido se aconseja que, para la preparación de concreto, se debe utilizar agregado fino mayor a 0.063 mm de finura. ya que si se utiliza menor a esa finura la resistencia a la compresión puede disminuir (Castaño; et. al, 2016, p.1).

Igualmente, el agregado grueso es aquel material granular que se acumula en el tamiz n°4" el material más usual es la grava y piedra chancada, este material es llamado como agregado grueso, que es empleado para la fabricación de concreto en el sector de construcción. (Unicon, 2017, p.1). Por otra parte, el agregado grueso es indispensable en la elaboración de concreto ya que este da como resultado una mayor densidad, mejorando el módulo elástico del concreto. (Buntara; et. al, 2015, p.1). Análogamente, se realizan pruebas a los agregados, para que el diseño de mezcla este acorde a lo planificado, estas pruebas son: granulometría, peso volumétrico, módulo de finura, porcentaje de absorción y peso específico de cada material. (Moreno; et. al, 2016, p.4).

El uso de aditivos se fija como objetivo enriquecer las propiedades físico-mecánicas del concreto ya sea en estado fresco o en estado endurecido. Por ejemplo, hay casos donde el uso de aditivo es esencial para obtener los resultados requeridos como concretos de altas resistencias algo que es muy difícil de alcanzar sin uso de aditivos (Montoya; et. al, 2009, p.4).

El vidrio es un componente cristalino y es producido por la mezcla de distintos materiales, entre estos tenemos: en un 60 a 80 % de Sílice como principal materia y un 10 a 25 % de otros elementos como calcio, sodio, boro y plomo; estos materiales se someten a una temperatura muy elevada luego se procede a enfriarse lo que da como consecuencia un material sólido llamado vidrio. (Gautam; et. al, 2012, p.1). Del mismo modo, el vidrio es un material limpio, de fácil separación, fácil de moler y en el que controlar su granulometría requerida no tiene dificultad, debido a la poca fuerza requerida para su trituración. (Flores; et. al, 2018, p.1).

Por otro lado, el concreto está compuesto de agua, cemento, vacíos, agregados y en algunas ocasiones otros productos como aditivos. La pasta de cemento y agua se une con los agregados y forman una mezcla homogénea para llenar los vacíos (Salamanca, 2001, p.3). Aparte, en la elaboración de concreto, es fundamental la relación agua cemento, puesto que la cantidad de agua empleada en la mezcla, tiene que tener un equilibrio en relación con los demás materiales; el agua y el cemento influyen en las propiedades del producto final que se obtendrá, en donde mayormente a más agua se agregue a la mezcla de concreto, mayor fluidez se obtiene y con ello mayor trabajabilidad y plasticidad (Guevara; et. al, 2012, p.2).

Para esta investigación el concreto patrón o convencional es aquel que tiene una resistencia que sometida a compresión es de 210 kg/cm², el cual está compuesto por cemento, agregados y agua. En ese mismo sentido el concreto modificado es aquel que en su composición ha sido reemplazado porcentualmente por un aditivo, es este caso vidrio reciclado finamente molido (VRFM).

Resaltan como propiedades del concreto su trabajabilidad y resistencia, sin embargo, llega a tener problemas tarde o temprano, los cuales afectan la durabilidad y la sustentabilidad del concreto en una edificación; entre los problemas más comunes tenemos a las fisuras y deterioro del concreto (Ponce; et. al, 2015, p.1). También, el concreto dentro de su propiedad de resistencia se desprende la resistencia a la compresión y la resistencia a la tracción. (Kore, 2019, p.1). Otras propiedades mecánicas del concreto u hormigón, son, la respuesta de tensión – deformación y la resistencia a la flexión, esta última se caracteriza por tener fallas

por no contar con suficiente refuerzo, en otras palabras, poca cantidad de acero o mal diseño en el tipo de diámetro usado para la estructura (Anupama, 2019, p.1).

La propiedad, resistencia a la compresión, consiste en que el concreto soporte diferentes esfuerzos mecánicos dados en la edificación, otro aspecto muy importante de esta propiedad mecánica es que aumenta con el paso del tiempo. (León; et. al, 2016, p.1). Por otro lado, es muy importante la calidad del concreto en la elaboración de edificaciones en lo cual se debe garantizar el cumplimiento de las condiciones de agregados y materias primas en la elaboración del concreto, que cumplan con todos los parámetros de calidad, dosificación adecuada de materiales y mezcla, curado correcto del concreto y la resistencia requerida de acuerdo a los requisitos de la durabilidad. (Muñoz y Mendoza, 2012, p.11).

La iniciativa de elaborar construcciones sostenibles ha logrado realizar concretos modificados que son alterados para evaluar sus propiedades físico mecánicas y fisicoquímicas, mediante la incorporación de materiales reciclados sustituyéndolos por los agregados o por el cemento mismo. (Serrano; et. al, 2017, p.1). El vidrio que se utilizó en concreto, fueron las botellas de soda y cerveza, estas botellas fueron lavadas y al día siguiente trituradas con una máquina llamada trituradora de mandíbulas y así se obtuvo un vidrio de partículas muy pequeñas. (Du y Tan, 2014, p.3).

Después de haber realizado las probetas de concreto agregando vidrio, estas muestras se estudiaron a la edad de 14 y 28 días, para determinar la resistencia del concreto sometido a compresión, también se analizó el porcentaje incorporado de vidrio en las muestras de concreto y al final fueron comparados estos especímenes con la muestra patrón, para lograr establecer diferencias en sus propiedades físico - mecánicas. (Al-Zubaidi; et. al, 2017, p.6).

Aparte, una de las aplicaciones más importantes que se le ha dado al vidrio reciclado es la incorporación de este al concreto arquitectónico, donde se utiliza un porcentaje de residuos de vidrio reciclado, con un tamaño de partículas de 2,36 a 5 mm, y de 5 a 10 mm, donde se reemplazó el cemento por el vidrio, y se demostró que aumentaron sus propiedades mecánicas, debido a que el vidrio finamente molido contiene un alto contenido de sílice que puede funcionar como puzolana en el concreto. (Tung-Chai; et. al, 2013, p.29).

Para esta tesis, la formulación del problema queda de la siguiente manera: ¿Cuál es el efecto del vidrio reciclado finamente molido en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$?

Esta investigación se justifica en que el concreto es uno de los componentes más importantes en las construcciones a nivel mundial, por su capacidad a resistir grandes esfuerzos, en este sentido se busca realizar una nueva técnica, que logre, incrementar su resistencia sometida a compresión, aminorar el costo de producción del concreto y ayude a mitigar la contaminación ambiental; proponiendo reemplazar agregado fino por vidrio reciclado finamente molido, ya que este es un material reciclable; en ese sentido este estudio busca ser un proyecto sostenible.

Este estudio se elaboró con el propósito de determinar el porcentaje óptimo de vidrio reciclado que debe incorporarse al concreto para que ayude a mejorar sus propiedades mecánicas, todo esto con la elaboración de ensayos en base a las normas técnicas establecidas y así lograr resultados que no alteren la calidad. Es más, esta investigación puede ser un precedente para otras investigaciones que busquen realizar mezclas de concreto, aprovechando elementos reciclados, para así ayudar a mitigar la contaminación ambiental y mejorar la resistencia del concreto.

Así mismo, la hipótesis que se plantea es que el vidrio reciclado finamente molido, incorporado al concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, pueda aumentar su resistencia sometida a compresión. Por otra parte, esta tesis posee como objetivo principal determinar la influencia del vidrio reciclado finamente molido en la resistencia a la compresión del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y como objetivos específicos: realizar el análisis granulométrico al vidrio reciclado finamente molido, así como también realizar los ensayos en laboratorio a los agregados fino y grueso de (1/2"); elaborar el diseño de mezcla para el concreto patrón $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ utilizando el método Comité 211 del ACI y después sustituir el 10%, 15% y 20% de agregado fino por vidrio reciclado finamente molido; determinar la resistencia a la compresión del concreto modificado al sustituir agregado fino por vidrio reciclado finamente molido a las edades de 14 y 28 días de curado; y finalmente, comparar mediante el método estadístico la resistencia a la compresión del concreto convencional y del modificado.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y Diseño de Investigación

a) Tipo de Estudio

- Según el enfoque esta tesis fue cuantitativa, ya que se determinó la relación entre las variables Vidrio Reciclado Finamente Molido (independiente) y resistencia a la compresión del concreto (dependiente); así mismo se usó las normas referidas en el Cuadro 2, para así obtener resultados de la población a investigar, la cual fue la mezcla de concreto convencional y modificado.
- Según el nivel este estudio fue experimental, ya que se realizaron probetas de concreto habiendo realizado ensayos en laboratorio; dicho procedimiento constó en sustituir el 10%, 15% y 20% de agregado fino por vidrio reciclado finamente molido, de un concreto convencional $f'c$ 210 kg/cm².
- Según la finalidad esta tesis fue básica, ya que tuvo por finalidad formular un nuevo diseño de mezcla de concreto agregando vidrio reciclado finamente molido, modificando el concreto de $f'c$ 210 kg/cm²; con la intención de obtener mayor resistencia del concreto sometido a compresión.
- Según la temporalidad esta investigación fue transversal, porque se realizó en un momento determinado, estudiando la resistencia a la compresión de 48 especímenes de concreto de grupos distintos a las edades de 14 y 28 días de curado.

b) Diseño de Investigación

El presente estudio fue un diseño experimental puro con posprueba exclusivamente y grupo de control, ya que la distribución de la mezcla para las probetas de concreto se hizo de manera aleatoria; para así observar la resistencia del concreto sometido a compresión al reemplazar agregado fino por VRFM en el concreto; por lo que su esquema es el que se presenta a continuación:

RG1		O1
RG2	X1	O2
RG3	X2	O3
RG4	X3	O4

Donde:

RGi = Simboliza los especímenes de concreto, tanto mezcla control $f'c$ 210 kg/cm² (RG1); como los de tipo experimental (RG 2-4).

Oi = Es el cálculo de la resistencia a la compresión en las muestras de concreto.

Xi = Representa el reemplazo de agregado fino por vidrio reciclado finamente molido (X1=10%, X2=15% y X3=20%).

2.2. Operacionalización de Variables

a) Variables

- Vidrio Reciclado Finamente Molido (independiente).
- Resistencia a la compresión del concreto (dependiente).

b) Matriz de Operacionalización

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala De Medición
Vidrio Reciclado Finamente Molido	Es un material cerámico amorfo, de característica frágil, pero a su vez duro, producido sobre todo de arena de sílice.	Se sustituyó el 10%, 15% y 20% de agregado fino por vidrio reciclado finamente molido en el concreto.	Incrementa la resistencia del concreto sometido a compresión. No Incrementa la resistencia a la compresión del concreto.	Nominal
Resistencia a la compresión del concreto	Característica del concreto para resistir grandes cargas, en función a las características de sus elementos.	Se determinó la resistencia a la compresión del concreto usando la norma ASTM - C39 (2009).	Kg/cm ²	Razón

2.3. Población, muestra y muestreo

a) Población

Compuesta por la mezcla de concreto $f'c$ 210 kg/cm² y el concreto modificado sustituyendo el 10%, 15% y 20% de agregado fino por VRFM. La mezcla de concreto fue hecha en las Instalaciones del laboratorio de Suelos y Materiales de la Universidad Cesar Vallejo, filial Trujillo.

b) Muestra

La muestra fue ensayada a las edades de 14 y 28 días, sustituyendo el 10%, 15% y 20% de agregado fino por VRFM, para lograr evaluar la resistencia del concreto sometido a compresión. Se cumplió con la NTP 339.183, la cual establece un mínimo de 3 muestras para cada edad y 3 muestras por cada proporción de vidrio reciclado molido; obteniendo una media de dos ensayos; se consideró el siguiente número de probetas:

Cuadro 1. Número de Probetas

Días de curado	Concreto $f'c$ 210 kg/cm ²	Concreto con 10% de Vidrio Reciclado Molido	Concreto con 15% de Vidrio Reciclado Molido	Concreto con 20% de Vidrio Reciclado Molido	TOTAL
14	6	6	6	6	24
28	6	6	6	6	24
TOTAL	12	12	12	12	48

Fuente: Elaboración Propia

c) Muestreo

En esta tesis se empleó las probetas cilíndricas usando moldes metálicos con una altura de 30 cm y un diámetro de 15 cm, los cuales se utilizaron para pruebas mecánicas de concreto endurecido, para luego someterlas al ensayo de resistencia a la compresión.

2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

a) Técnica:

Se empleó la observación experimental, interviniendo directamente los investigadores.

b) Instrumento:

Para este estudio se utilizó los formatos dados por las normas del Cuadro 2, las cuales permitieron determinar resultados estandarizados y confiables.

c) Validez y confiabilidad:

Para lograr que esta investigación permita recolectar resultados con estándares de calidad y fiabilidad se empleó las normas mostradas en el siguiente cuadro:

Cuadro 2. Resumen de Normas

NORMA	USO
ASTM C136 y ASTM C33	Granulometría y Modulo de Fineza
ASTM C128, ASTM C127	Peso Específico y Porcentaje de absorción
ASTMC 29	Peso Unitario
ASTM C566 y NTP 339.185	Contenido de Humedad
Comité 211 del ACI	Diseño de mezcla de concreto
ASTM C39	Ensayo Resistencia a la Compresión

Fuente: Elaboración Propia

2.5. Procedimiento

a) Acopio del Vidrio Reciclado

Para esta Investigación se utilizó el tipo de vidrio (Borosilicato), siendo estas las botellas de cerveza, gaseosa, vino y otros; se empleó un total de 70 botellas con un peso aproximado de 450 gr cada una, haciendo un total de 31.50 kg de vidrio reciclado, para la elaboración de 48 probetas.

b) Limpieza y Molienda de Vidrio Reciclado

Luego de recolectar las botellas se procedió a desinfectar cada botella utilizando agua y una escobilla pequeña, posteriormente se cuarteó las botellas con un martillo, ya cuarteado, se transportó al Laboratorio WBG Ingenieros, ubicado en Trujillo, La Libertad; ya en el laboratorio se utilizó la maquina “Los Ángeles” para se pueda moler el vidrio, llegando a una fineza optima; este proceso se llevó a cabo usando equipo de protección personal guantes, lentes, mascarilla y zapatos de seguridad.

c) Elección de Cantera

Para esta tesis, se eligió la cantera El Milagro, situada en el distrito de Huanchaco, Trujillo, La Libertad, ya que esta tiene acceso a la Panamericana Norte, facilitando el transporte de los agregados.

d) Análisis Granulométrico y Modulo de Fineza

La finalidad del Análisis Granulométrico es saber la proporción y calidad de los agregados fino y grueso; además su procedimiento consistió en pasar los agregados por tamices de mayor a menor abertura, para lograr delimitar su porcentaje de intervención en la mezcla de concreto. Además, como resultado de este análisis se dio origen a una curva granulométrica, siendo sus variables el porcentaje que pasa de agregado y el diámetro del tamiz usado (ASTM C136, 2001, p.2). El Módulo de Fineza (MF) se determinó con la sumatoria de el porcentaje acumulado que se retiene en las siguientes mallas N° 100, N° 50, N° 30, N° 16, N° 8, N° 4, $\frac{3}{8}$ ", $\frac{3}{4}$ ", $1\frac{1}{2}$ "; obteniendo el porcentaje acumulado retenido y después se dividió la sumatoria entre 100 (ASTM C33, 2003, p.1).

e) Peso Específico y Porcentaje de absorción

Se efectuó la división del Peso de la muestra seca en el horno entre el Peso del picnómetro, más el peso de la muestra saturada con superficie seca menos el Peso del picnómetro con la muestra. (ASTM C127, 2007, p.3).

El porcentaje de absorción del agregado fino y grueso se obtuvo al restar el Peso de la muestra saturada con superficie seca menos el Peso de la muestra seca en el horno, esta resta multiplicado por cien (ASTM C128, 2012, p.16).

f) Peso Unitario

El Peso Unitario Suelto, consiste en la división del Peso de la Muestra entre el volumen del recipiente; por otra parte, el Peso Unitario Compactado tiene la misma fórmula, pero se apisona el material con una varilla de acero con punta semiesférica. (ASTM C29, 1997, p.10).

g) Contenido de Humedad

El análisis de contenido de humedad indica la cuantía de agua que este material tiene, esto puede variar obviamente por las condiciones atmosféricas del lugar donde se ubica la cantera de donde procede el agregado (ASTM C566, 2004, p.1). Se determinó al multiplicar el Peso del Agua por cien y dividirlo entre el Peso de Muestra Seca (NTP 339.185, 2013, p.11).

h) Diseño de mezcla de concreto

Se empleó los cuadros previamente estandarizadas por el comité ACI 211, las cuales utilizan los datos del estudio hecho a los agregados, para conseguir proporciones de los materiales para realizar un metro cúbico de concreto (Comité 211 del ACI, 2009, p.1).

i) Ensayo Resistencia a la Compresión

Su fin es determinar la resistencia de los especímenes, sometidos a compresión; esto se logró al dividir el valor máximo de carga obtenida, entre el área de la probeta. También, Se usó el siguiente equipo: prensa de capacidad 2000 kn a 3000 kn, una wincha y una regla o escuadra; el espécimen se debe limpiar en su superficie, además se debe corroborar que los ejes de la probeta estén alineados con el centro del bloque, de manera que la carga se distribuya en el centro, se aplicó la carga hasta que la probeta falle. también es necesario tomar los datos de la carga máxima por espécimen después de que esta falle, así mismo registrar la apariencia del concreto de la probeta al ensayar (ASTM C39, 2009, p.3).

2.6. Métodos de análisis de datos

Para procesar los resultados alcanzados se utilizó el criterio de los Investigadores de esta tesis, empleando las variables antes mencionadas y registrándolas en el programa Excel para obtener datos que describan la información a través de cuadros y figuras; además se utilizó el método estadístico (ANOVA), la cual permitió comparar grupos y establecer diferencias y semejanzas entre ellos; también se empleó la prueba complementaria post-hoc Tukey, la cual se utilizó para encontrar medias que sean diferentes entre sí; estos métodos son de vital importancia ya que permitieron tomar una mejor decisión al procesar los resultados de la resistencia del concreto al ser sometidos al ensayo de compresión.

2.7. Aspectos éticos

Se realizó esta tesis en consideración a diferentes aspectos éticos, donde los datos logrados fueron verdaderos, sin ser adulterados, las investigaciones tomadas en los antecedentes y marco teórico fueron citadas correctamente, respetando la autoría intelectual. Los resultados de este estudio son veraces, siendo respaldados por los investigadores.

III. RESULTADOS

3.1 Análisis del Vidrio Reciclado Finamente Molido y ensayos realizados a los Agregados

3.1.1. Granulometría y módulo de fineza del Vidrio Molido

➤ **Granulometría:**

Peso total de la muestra tamizada: 500 gr

Peso de muestra tamizada sin plato: 475.32 gr

Peso de la muestra en el plato: 24.68 gr

Cuadro 3. Granulometría del vidrio reciclado finamente molido.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Requisito de % que Pasa	L. INFERIOR	L. SUPERIOR
3/8"	9.525	0	0	0	100	100	100	100
No4	4.178	2.18	0.44	0.44	99.56	95 - 100	95	100
8	2.36	137.15	27.43	27.87	72.13	80 - 100	80	100
16	1.18	99.77	19.95	47.82	52.18	50 - 85	50	85
30	0.6	107.52	21.50	69.32	30.68	25 - 60	25	60
50	0.3	81.72	16.34	85.67	14.33	10 - 30	10	30
100	0.15	46.98	9.40	95.06	4.94	2 - 10	2	10
PLATO		24.68	4.94	100.00	0.00			
Total		500	100.00					

Fuente: Elaboración propia

Los porcentajes que pasan están casi todos adentro de los márgenes, salvo en el tamiz N°8, en el que el porcentaje que pasó está un 11 % menos que el límite inferior establecidos por la norma ASTM C136, según se ve en la figura 1.

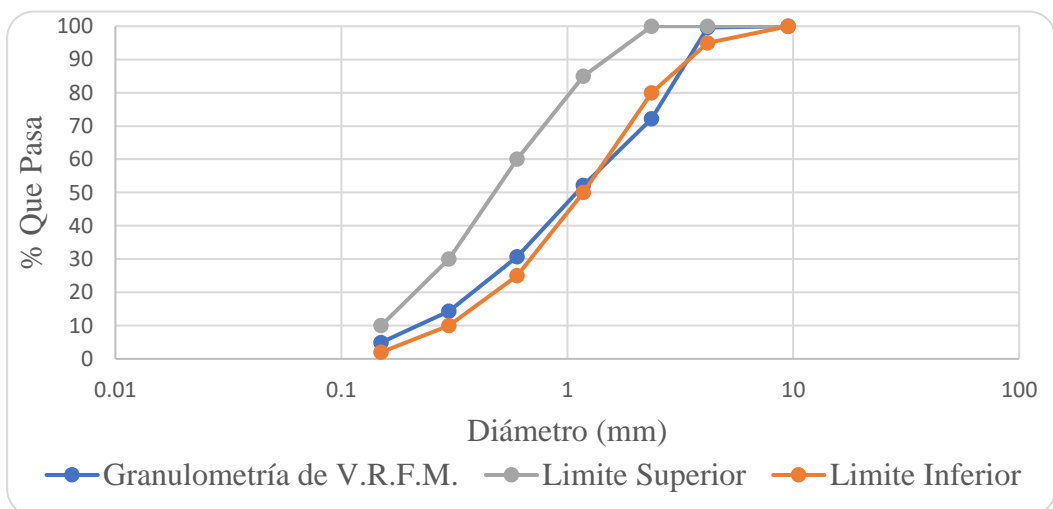


Figura 1. Curva granulométrica del vidrio reciclado finamente molido.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Módulo de fineza:**

Se utilizó las mismas mallas que para el agregado fino, sumando los porcentajes de los tamices N°100; N°50; N°30; N°16; N°8 y N°4 y dividiendo el resultado total entre 100, además si el módulo de fineza está en el rango de 2,3 se trata de arena fina y si el módulo de finura se ubica entre 2.3 a 3.1 es una arena mediana. Y si su fineza es mayor de 3.1, se considera arena gruesa.

Calculamos el MF del vidrio reciclado finamente molido:

$$MF = \frac{\% \text{Ret. Acum. (N}^\circ 100; \text{N}^\circ 50; \text{N}^\circ 30; \text{N}^\circ 16; \text{N}^\circ 8 \text{ y N}^\circ 4)}{100}$$
$$MF = \frac{95.06 + 85.67 + 69.32 + 47.82 + 27.87 + 0.44}{100}$$
$$MF = 3.26$$

El módulo de fineza del vidrio reciclado molido es 3.26, según la norma ASTM C33, se trata de una arena gruesa, ya el módulo de fineza es mayor a 3.1.

3.1.2. Ensayos Realizados a los Agregados

➤ **Granulometría de agregados:**

Se utilizó 500gr. de material granular fino y 2500gr. de material granular grueso para la determinación de los pesos retenidos al momento de tamizar. El porcentaje retenido se determinó como a continuación se presenta:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso del material retenido en el tamiz}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Luego se hizo la sumatoria de los porcentajes retenidos para alcanzar los acumulados y con la siguiente expresión se calculó el porcentaje que pasa:

$$\% \text{ Retenido} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

Los resultados logrados se compararon con los límites delimitados en la norma ASTM C33.

➤ **Granulometría del agregado fino:**

Peso total de la muestra tamizada: 500 gr

Peso de muestra tamizada sin plato: 459.45 gr

Peso de muestra en el plato: 40.55 gr

Cuadro 4. Granulometría del agregado fino.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Requisito de % que Pasa	L. INFERIOR	L. SUPERIOR
3/8"	9.525	0	0	0	100	100	100	100
No4	4.178	25.95	5.19	5.19	94.81	95 - 100	95	100
8	2.36	52.3	10.46	15.65	84.35	80 - 100	80	100
16	1.18	54.1	10.82	26.47	73.53	50 - 85	50	85
30	0.6	68.45	13.69	40.16	59.84	25 - 60	25	60
50	0.3	158.2	31.64	71.8	28.2	10 - 30	10	30
100	0.15	100.45	20.09	91.89	8.11	2 - 10	2	10
PLATO		40.55	8.11	100	0			
Total		500	100					

Fuente: Elaboración propia

Los porcentajes que pasan están en los márgenes estipulados por la norma ASTM C33, según se ve en la figura 2.

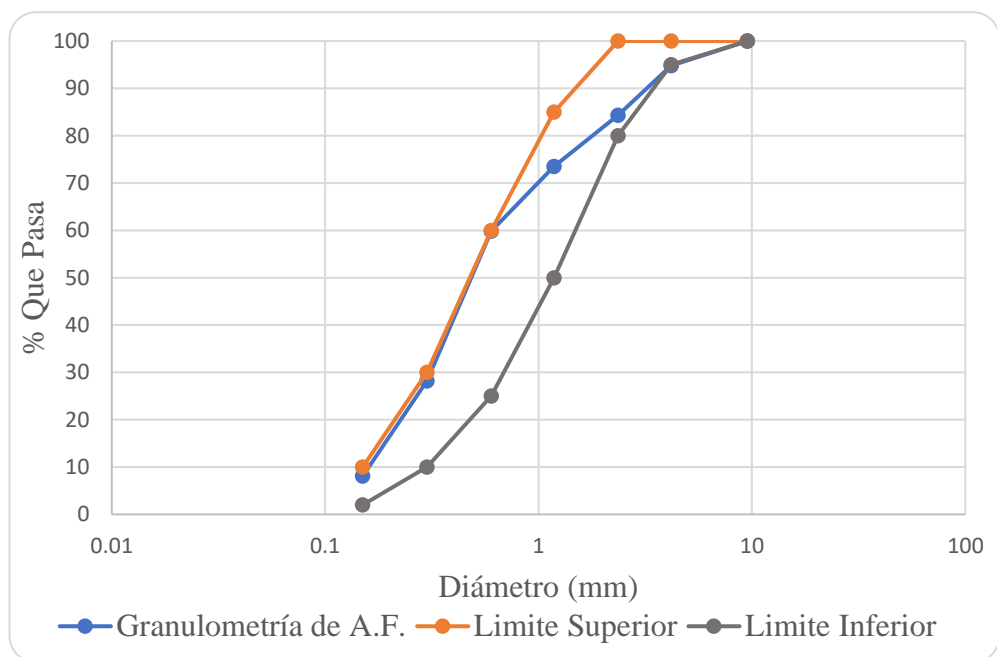


Figura 2. Curva granulométrica del agregado fino.

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Granulometría del agregado grueso:**

Peso total de la muestra tamizada: 2500 gr

Peso de muestra tamizada sin plato: 2497.56 gr

Peso de la muestra en el plato: 2.44 gr

Cuadro 5. Granulometría de agregado grueso

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	Requisito de % que Pasa	L. INFERIOR	L. SUPERIOR
3 plg	76.2	0	0	0	100		100	100
2 plg	50.6	0	0	0	100	100	100	100
1 1/2 plg	38.1	0	0	0	100		100	100
1 plg	25.4	13.88	0.56	0.56	99.44	95 - 100	95	100
3/4 plg	19.05	154.16	6.17	6.72	93.28		70	95
1/2 plg	12.7	1090.5	43.62	50.34	49.66	25 - 60	35	70
3/8 plg	9.525	699	27.96	78.3	21.7		15	50
No4	4.178	538.3	21.53	99.83	0.17	0 - 10	0	10
8	2.36	1.72	0.07	99.9	0.1	0 - 5	0	5
PLATO		2.44	0.1	100	0			
Total		2500	100					

Fuente: Elaboración propia.

Los porcentajes que pasan están en los márgenes estipulados por la norma ASTM C33, según se ve en la figura 3.

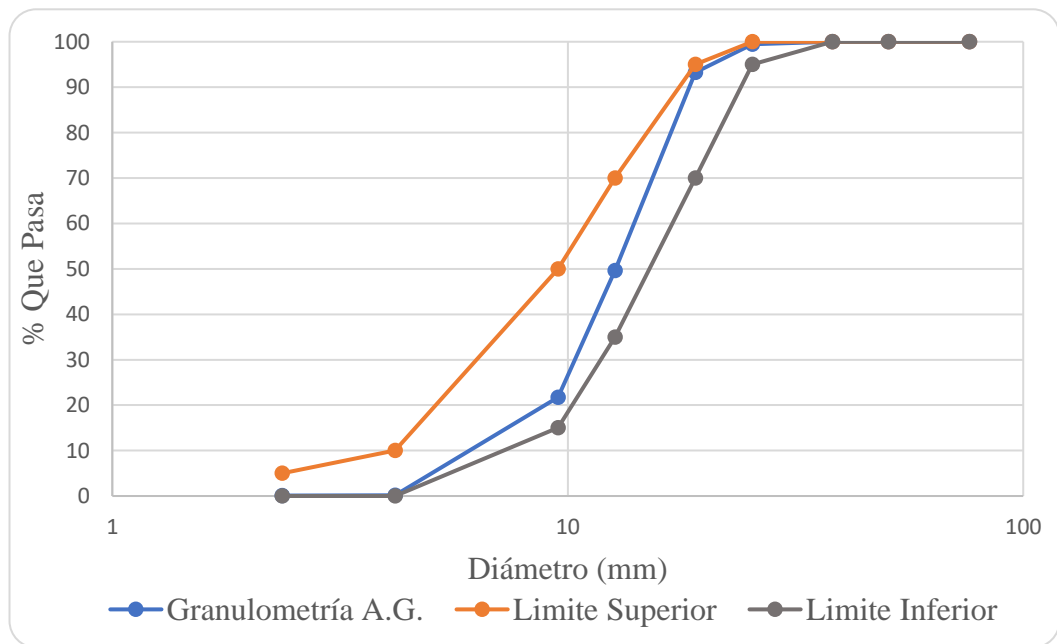


Figura 3. Curva granulométrica del agregado grueso.

Fuente: Elaboración propia.

El agregado grueso está dentro de los límites establecidos por la norma. Concluyendo que es apto para ser usado en la fabricación de concreto.

➤ **Módulo de fineza de agregados:**

Se hizo la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados para cada una de las siguientes mallas: N°100; N°50; N°30; N°16; N°8; N°4; 3/8"; 3/4"; 1 1/2" y además se puede utilizar mallas de abertura mayor en razón de 1 a 2; luego se divide la suma entre 100, según lo establecido por el ASTM C 136-01.

➤ **Módulo de fineza del agregado fino:**

Se calcula sumando los porcentajes de las mallas N°100; N°50; N°30; N°16; N°8 y N°4 y luego se divide el resultado total entre 100, además si el módulo de fineza está en el rango de 2,3 se trata de arena fina y si el módulo de finura se ubica entre 2.3 a 3.1 es una arena mediana. Y si su fineza es mayor de 3.1, se considera arena gruesa.

Calculamos el MF del agregado fino:

$$MF = \frac{\%Ret. Acum. (N^{\circ}100; N^{\circ}50; N^{\circ}30; N^{\circ}16; N^{\circ}8 \text{ y } N^{\circ}4)}{100}$$
$$MF = \frac{91.89 + 71.8 + 40.16 + 26.47 + 15.65 + 5.19}{100}$$
$$MF = 2.51$$

Su módulo de fineza es 2.51, lo que según la norma ASTM C33, se trata de una arena mediana.

➤ **Módulo de fineza del agregado grueso:**

Se realiza al hacer la sumatoria de los porcentajes retenidos acumulados para cada uno de los tamices usados: N°100; N°50; N°30; N°16; N°8; N°4; 3/8"; 3/4"; 1 1/2" y posteriormente se divide la suma entre 100; según lo establecido por el ASTM C 136-01, donde las mallas que no se consideraron en el análisis granulométrico se considerara 100 de % retenido acumulado.

Calculamos el MF del agregado grueso:

$$MF = \frac{\%Ret. Acum. (N^{\circ}100; N^{\circ}50; N^{\circ}30; N^{\circ}16; N^{\circ}8; N^{\circ}4; 3/8"; 3/4"; 1 1/2")}{100}$$
$$MF = \frac{100 + 100 + 100 + 100 + 99.9 + 99.83 + 78.3 + 6.72 + 0}{100}$$
$$MF = 6.85$$

➤ **Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino:**

Se alcanzaron los resultados a continuación mencionados:

A: Peso en el aire de la muestra secada en el horno = 488.67gr.

B: Peso del picnómetro lleno con agua = 658.2gr.

C: Peso del picnómetro con la muestra y el agua hasta la marca de calibración = 965.85gr.

S: Peso de la muestra saturada y superficialmente seca = 500gr.

Con los datos obtenidos, de la norma ASTM C128 se usó las siguientes fórmulas:

Densidad relativa (Dr):

$$Dr = \frac{A}{B + S - C} = 2.54$$

Densidad relativa saturada y superficialmente seca (DrSSS):

$$DrSSS = \frac{S}{B + S - C} = 2.60$$

Densidad relativa aparente (Dra):

$$Dra = \frac{A}{A + B - C} = 2.70$$

Porcentaje de absorción (%Abs):

$$Abs (\%) = \frac{S - A}{A} * 100 = 2.32$$

Cuadro 6. Resumen de resultados del peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino.

Peso específico y % de absorción del agregado fino	
Dr	2.54
DrSSS	2.60
Dra	2.70
% Abs	2.32

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso:**

Las proporciones de los materiales usados en el ensayo fueron de acorde a la norma ASTM C127, como se aprecia en el cuadro siguiente:

Cuadro 7. Cantidad mínima para el ensayo del agregado grueso.

TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		Masa mínima de muestra de prueba
Mm	(pulg)	Kg (lb)
Hasta 12,5	½	2 (4,4)
19,0	¾	3 (6,6)
25,0	1	4 (8,8)
37,5	1 ½	5 (11)
50,0	2	8 (18)
63,0	2 ½	12 (26)
75,0	3	18 (40)
90,0	3 ½	25 (55)
100,0	4	40 (88)
125	5	75 (165)

Fuente: Norma ASTM C 127

Del laboratorio se obtuvieron los datos siguientes:

A: Peso en gramos de la muestra seca en el aire = 2813.85gr.

B: Peso en gramos de la muestra (SSS) = 2838.55gr.

C: Peso en gramos sumergido en agua de la muestra saturada = 1783.2gr.

Con los datos obtenidos, de la norma ASTM C127, se usó las siguientes formulas:

Densidad relativa (Dr):

$$Dr = \frac{A}{B - C} = 2.67$$

Densidad relativa saturada y superficialmente seca (DrSSS):

$$DrSSS = \frac{B}{B - C} = 2.69$$

Densidad relativa aparente (Dra):

$$Dra = \frac{A}{A - C} = 2.73$$

Porcentaje de absorción (%Abs):

$$Abs (\%) = \frac{B - A}{A} * 100 = 0.88$$

Cuadro 8. Resumen de resultados del peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso.

Peso específico y % de absorción del agregado grueso	
Dr	2.67
DrSSS	2.69
Dra	2.73
% Abs	0.88

Fuente: Elaboración propia.

➤ **Peso unitario suelto del agregado fino (PUS):**

Del laboratorio se obtuvieron los datos siguientes:

PR: Peso del recipiente = 4888gr.

PM: Peso de la muestra = 4762gr.

VR: Volumen del recipiente = 0.003026m³.

PT: Peso total = 9650gr.

Con los datos obtenidos, se calculó el peso unitario suelto del agregado fino (PUS):

Peso unitario suelto (PUS):

$$PUS = \frac{PM}{VR} = 1573.45 \text{ kg/m}^3$$

➤ **Peso unitario suelto compactado del agregado fino (PUC):**

Se desarrolló utilizando el apisonado con una varilla de acero con punta semiesférico. El ensayo se hizo en tres capas iguales, fueron 25 golpes, en diferentes partes del recipiente usado; del laboratorio se obtuvieron los datos siguientes, empleando los procedimientos estipulados en la norma ASTM C 29:

PR: Peso del recipiente = 4888gr.

PM: Peso de la muestra = 5297gr.

VR: Volumen del recipiente = 0.003026m³.

PT: Peso total = 10185gr.

Teniendo los resultados, se logró establecer el peso unitario suelto compactado del agregado fino (PUC):

Peso unitario suelto compactado (PUC):

$$PUC = \frac{PM}{VR} = 1750.22 \text{ kg/m}^3$$

➤ **Peso unitario suelto del agregado grueso (PUS):**

Del laboratorio se obtuvieron los datos siguientes:

PR: Peso del recipiente = 8583gr.

PM: Peso de la muestra = 15167gr.

VR: Volumen del recipiente = 0.010314m³.

PT: Peso total = 23750gr.

Teniendo los datos, se determinó el peso unitario suelto del agregado grueso (PUS):

Peso unitario suelto (PUS):

$$PUS = \frac{PM}{VR} = 1470.45 \text{ kg/m}^3$$

➤ **Peso unitario suelto compactado del agregado grueso (PUC):**

Del laboratorio se obtuvieron los datos siguientes, según los procedimientos estipulados en la norma ASTM C 29:

PR: Peso del recipiente = 8583gr.

PM: Peso de la muestra = 16687gr.

VR: Volumen del recipiente = 0.010314m³.

PT: Peso total = 25270gr.

Teniendo los datos, se determinó el peso unitario suelto compactado del agregado grueso (PUC):

Peso unitario suelto compactado (PUC):

$$PUC = \frac{PM}{VR} = 1617.82 \text{ kg/m}^3$$

➤ **Contenido de humedad:**

La norma NTP 339.185 y ASTM C566 establece la determinación del porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado, que puede ser la humedad en los poros del agregado y la superficial.

a) Análisis de contenido de humedad del agregado fino:

Se usó los resultados dados en el laboratorio, en consideración a la norma ASTM C566.

Datos:

P: Contenido de humedad total evaporable (%)

D: Peso de muestra seca = 119.17gr

W: Peso original de la muestra húmeda = 121.05gr

Entonces calculamos:

$$\text{Contenido de humedad (P)} = \frac{W - D}{D} * 100 = 1.57\%$$

b) Análisis de contenido de humedad del agregado grueso

Se usó la norma ASTM C566 para la obtención de los siguientes resultados:

Datos:

P: Contenido de humedad total evaporable (%)

D: Peso de muestra seca = 103.42gr

W: Peso original de la muestra húmeda = 103.92gr

Entonces calculamos:

$$\text{Contenido de humedad (P)} = \frac{W - D}{D} * 100 = 0.48\%$$

Cuadro 9. Resumen del Contenido de humedad en agregados fino y grueso.

% DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN LOS AGREGADOS	
Agregado Fino	1.57%
Agregado Grueso	0.48%

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Diseño de mezcla según el Comité 211 del ACI

De acuerdo con el comité 211 del ACI, la cual ha implementado una forma de diseñar concreto, que se fundamenta en cuadros elaborados según los ensayos hechos a los agregados; haciendo una combinación práctica de los materiales para 1 m³ de concreto, en esta investigación se diseñó para una resistencia de 210 kg/cm².

3.2.1. Características de los agregados:

Nace del resultado de los ensayos hechos al agregado fino y grueso.

Cuadro 10. Resumen de análisis de agregado fino y grueso.

Ensayo	Agregado fino	Agregado grueso
Perfil	----	Redondo
Peso unitario suelto (PSS)	1573.45 kg/m ³	1470.45 kg/m ³
Peso unitario compactado (PUC)	1750.22 kg/m ³	1617.82 kg/m ³
Peso específico (Pe) o Dr	2.54	2.67
Módulo de fineza (MF)	2.51	6.85
Tamaño máximo nominal (TMN)	----	½"
Porcentaje de absorción (% Abs)	2.32	0.88
Contenido de humedad (% W)	1.57	0.48

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Determinar la resistencia requerida:

Este estudio solicita una resistencia de 210 kg/cm².

3.2.3. Determinar la resistencia promedio:

Se emplea la resistencia requerida, para lo cual se utilizó la tabla 4.3.2b de la Norma E 060 que es de Concreto Armado, la cual se pone en uso si se desconoce la desviación estándar; a partir de lo antes mencionado, para una resistencia requerida mayor o igual a 210 kg/cm² se le agregará 84, obteniendo:

$$\text{Resistencia requerida}(f'_{cr}) = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Resistencia promedio}(f'_{cr}) = (f'_{c}) + 84$$

$$f'_{cr} = 210 \text{ kg/cm}^2 + 84 \text{ kg/cm}^2$$

$$f'_{cr} = 294 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

3.2.4. Tamaño máximo nominal (TMN):

El tamaño máximo nominal es de 1/2", dicha medida es apta ya que se diseñó un concreto para estructuras armadas, entonces: **TMN = 1/2"**

3.2.5. Determinación del asentamiento (Slump):

Se determinó el slump según el tipo de estructura, para esta investigación se escogió columnas; empleando los datos del siguiente cuadro:

Cuadro 11. Determinación del asentamiento

Tipo de construcción	Asentamiento máximo	Asentamiento mínimo
Zapatas y muros de cimentación armados	3"	1"
Cimentaciones simples, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas de edificios	4"	1"
Losas y pavimentos	3"	1"

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014).

Dado el cuadro 11, se observa, que, para columnas, el asentamiento se encuentra en un rango de 4" a 1".

3.2.6. Determinación del volumen unitario del agua para el diseño:

Según lo indicado por el comité ACI, seleccionamos la cantidad de agua.

Cuadro 12. Determinación del volumen unitario del agua

Asentamiento	Agua en Lt/m ³ , para los tamaños Máximos nominales del Agregado Grueso y consistencia indicada							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014).

3.2.7. Determinación del contenido de aire:

Se determinó el contenido de aire usando el cuadro elaborado por el comité ACI 210. Determinándose de acuerdo al TMN del agregado grueso.

Cuadro 13. Determinación del contenido de aire.

Tamaño Máximo Nominal.	Aire atrapado.
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014).

3.2.8. Determinación de la relación agua/cemento (a/c), por resistencia y durabilidad:

Para su determinación se utilizaron dos cuadros:

a) Determinación de relación (a/c) por resistencia:

Al no encontrarse nuestro dato en el cuadro se hizo una interpolación de los valores.

Cuadro 14. Determinación de la relación (a/c) por resistencia.

f°cr. (28 días)	Relación Agua - Cemento de diseño en peso	
	Concretos sin aire incorporado	Concretos con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014).

$$x_3 = 250 \text{ ----- } 0.62 = y_3$$

$$x_2 = 294 \text{ ----- } x = y_2$$

$$x_1 = 300 \text{ ----- } 0.55 = y_1$$

Entonces aplicamos la sucesiva expresión para despejar el valor de "x":

$$y_2 = y_1 + \left[\left(\frac{x_2 - x_1}{x_3 - x_1} \right) * (y_3 - y_1) \right]$$

$$y_2 = 0.55 + \left[\left(\frac{294 - 300}{250 - 300} \right) * (0.62 - 0.55) \right]$$

$$y_2 = 0.55 + \left[\left(\frac{-6}{-50} \right) * (0.07) \right]$$

$$y_2 = 0.56$$

De esta manera, el valor de "x" es 0.56

b) Determinación de relación (w/c) por durabilidad.

En el próximo cuadro se muestra la relación de agua – cemento por durabilidad, para las distintas circunstancias de exposición del concreto.

Cuadro 15. Determinación de relación (a/c) por durabilidad.

Condiciones de exposición	Relación (w/c) máxima, en concretos con agregado de peso normal	Resistencia en compresión mínimas en concreto con agregado
Concretos de baja parcialidad		260
(a). Expuesto a agua dulce...	0.5	
(b). Expuesto a agua de mar o aguas salobres.....	0.45	
(c). Expuesto a la acción de aguas cloacales.....	0.45	300
Concretos expuestos a procesos de congelación y deshielo en condiciones húmedas.		
(a). Sardineles, cunetas, secciones delgadas.....	0.45	
(b). Otros elementos.....	0.5	

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014)

c) Promedio de relación (a/c) por resistencia y durabilidad.

Se procedió a realizar un promedio con los dos datos de la relación agua – cemento.

Cuadro 16. Promedio de la relación (a/c) por promedio y durabilidad.

Factor	Relación (a/c)
Resistencia	0.56
Durabilidad	0.5
Promedio	0.53

Fuente: Elaboración Propia

3.2.9. Determinación del Factor Cemento:

Continuando con los pasos dispuestos por el comité 211 ACI, determinamos el factor cemento:

$$\text{factor cemento (FC)} = \frac{\text{volumen unitario de agua}}{\text{relación agua/cemento}}$$

$$(FC) = \frac{216 \text{ lt/m}^3}{0.53}$$

$$(FC) = 408 \text{ lt/m}^3$$

3.2.10. Selección del peso del Agregado Grueso:

Para lograr determinar el peso del agregado grueso se empleó el tamaño máximo nominal (TMN) y el módulo de fineza del agregado fino.

Cuadro 17. Selección del peso del agregado grueso.

Tamaño Máximo del Agregado Grueso (TMN)	Volumen de agregado grueso, seco y compactado, por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de finura de fino (b/b0)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.5	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.6
1"	0.71	0.69	0.67	0.65

Fuente: Rivva López, Diseño de mezclas (2014).

Interpolando:

$$x3 = 2.60 \text{ ----- } 0.57 = y3$$

$$x2 = 2.51 \text{ ----- } \frac{b}{b0} = y2$$

$$x1 = 2.40 \text{ ----- } 0.59 = y1$$

Teniendo el valor de (b/b0) y remplazando los datos obtenidos, se logra:

$$y2 = y1 + \left[\left(\frac{x2 - x1}{x3 - x1} \right) * (y3 - y1) \right]$$

$$y2 = 0.59 + \left[\left(\frac{2.51 - 2.40}{2.60 - 2.40} \right) * (0.57 - 0.59) \right]$$

$$y2 = 0.59 + \left[\left(\frac{0.09}{0.20} \right) * (-0.02) \right]$$

$$y2 = 0.58$$

$$y2 = \frac{b}{b0}$$

$$\frac{b}{b0} = 0.58$$

En consecuencia, el valor de “b/b0” es 0.58, por lo tanto, hallamos el peso del agregado grueso:

$$P. \text{ del agregado grueso } (Pag) \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{b}{b0} * P. \text{ Unitario Compactado } (PUC)$$

$$Pag = \frac{b}{b0} * PUC$$

$$Pag = 0.58 * 1617.82$$

$$Pag = 938.3 \frac{kg}{m^3}$$

3.2.11. Cálculo de los volúmenes absolutos de los materiales.

Ya teniendo los pesos del cemento, agua y agregado grueso, así como también el volumen del aire se hizo el cálculo de los volúmenes absolutos:

a) Volumen del Cemento (VC):

$$VC = \frac{\text{Peso del Cemento } (Pc)}{\text{Peso específico del Cemento } (Pec)}$$

$$VC = \frac{(Pc)}{(Pec)}$$

$$VC = \frac{408 \text{ kg}}{3150 \text{ kg/m}^3}$$

$$Vc = 0.13 \text{ m}^3$$

b) Volumen de Agua (VA):

$$VA = \frac{\text{Peso del Agua } (PA)}{\text{Peso específico del Agua } (PeA)}$$

$$VA = \frac{(PA)}{(PeA)}$$

$$VA = \frac{216 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3}$$

$$VA = 0.216 \text{ m}^3$$

c) Volumen del Aire (Vaire):

$$Vaire = 2.5 \%$$

$$Vaire = 0.025 \text{ m}^3$$

d) Volumen para el Agregado Grueso (Vag):

$$Vag = \frac{\text{Peso seco del agregado grueso } (Pag)}{\text{Peso específico del agregado grueso } (Peag)}$$

$$Vag = \frac{(Pag)}{(Peag)}$$

$$V_{ag} = \frac{938.3 \text{ kg}}{2670 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_{ag} = 0.351 \text{ m}^3$$

e) Volumen para el Agregado Fino (Vaf):

$$\text{Vol. del Agregado Fino (m}^3\text{)} = 1 - [(V_c) + (V_{Agua}) + (V_{aire}) + (V_{AG})]$$

$$(V_{af}) \text{ m}^3 = 1 - [(0.13) + (0.216) + (0.025) + (0.351)]$$

$$(V_{af}) \text{ m}^3 = 1 - [0.722]$$

$$V_{af} = 0.278 \text{ m}^3$$

3.2.12. Cálculo del Peso del Agregado Fino (af):

$$P. \text{ del agregado fino (Paf)} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \text{Vol. del A. F} * (P. \text{ Especifico del A. F})$$

$$P_{af} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = (0.278 \text{ m}^3) * (2.54 * 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$P_{af} = (0.278 \text{ m}^3) * (2540 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$P_{af} = 706.12 \text{ kg}$$

3.2.13. Valores de diseño en estado seco:

Los valores de diseño según el material y las cantidades a usar para 1 m³ de concreto, son los siguientes:

Cuadro 18. Valores de diseño en estado seco.

MATERIAL	CANTIDAD (kg/m³)
Cemento	408 kg/m ³ .
Agua	216 lt/m ³ .
Agregado Fino	706.12 kg/m ³ .
Agregado Grueso	938.3 kg/m ³

Fuente: Elaboración Propia

3.2.14. Corrección de valores de diseño por humedad.

Al ya conocer las cantidades de los materiales en peso seco que componen un m³ de concreto, los pesos deben ser modificados de acuerdo a las condiciones de humedad de los agregados, tanto fino, como grueso.

% Wg: contenido de humedad del agregado grueso.

% Wf: contenido de humedad del agregado fino.

%Absg: Porcentaje de Absorción del agregado grueso.

%Absf: Porcentaje de Absorción del agregado fino.

a) Peso húmedo del agregado grueso.

$$Pag \text{ húmedo (kg)} = (Pag \text{ seco}) * \left(1 + \frac{\% Wg}{100}\right)$$

$$Pag \text{ húmedo (kg)} = (938.3 \text{ kg}) * \left(1 + \frac{0.48}{100}\right)$$

$$Pag \text{ húmedo (kg)} = 942.80 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

b) Peso húmedo del agregado fino.

$$Paf \text{ húmedo (kg)} = (Paf \text{ seco}) * \left(1 + \frac{\% Wg}{100}\right)$$

$$Paf \text{ húmedo (kg)} = (706.12 \text{ kg}) * \left(1 + \frac{1.57}{100}\right)$$

$$Paf \text{ húmedo (kg)} = 717.21 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

c) Humedad superficial del agregado grueso.

$$\text{Humedad superficial del AG (Hag)} = (\%W - \% \text{ absg})$$

$$(Hag) = (\%W - \% \text{ absg})$$

$$(Hag) = (0.48 - 0.88)$$

$$(Hag) = (-0.4)\%$$

d) Humedad superficial del agregado fino.

$$\text{Humedad superficial del AF (Haf)} = (\%W - \% \text{ absf})$$

$$(Haf) = (\%W - \% \text{ absf})$$

$$(Haf) = (1.57 - 2.32)$$

$$(Haf) = (-0.75)\%$$

e) Agua efectiva.

Después de obtener los aportes de humedad del agregado fino y grueso, restamos los dos valores para saber el aporte total del agua:

$$\text{Aporte Humedad neta del } Af \text{ y } Ag = (Af) + (Ag)$$

$$\text{Aporte Humedad neta del } Af \text{ y } Ag = (-5.29) + (-3.75)$$

$$\text{Aporte Humedad neta del } Af \text{ y } Ag = -9.04$$

Agua efectiva=Agua de diseño-(Aporte Humedad neta del Af y Ag)

$$\text{Agua efectiva} = 216 - (-9.04)$$

$$\text{Agua efectiva} = 225.04 \text{ lt/m}^3$$

3.2.15. Pesos corregidos por humedad.

Ya conociendo el contenido de humedad de los agregados se definió el agua neta para el diseño, los pesos al ya haberse efectuado la corrección, son:

Cuadro 19. Pesos corregidos por humedad

MATERIAL	CANTIDAD
Cemento	408 Kg/m ³
Agregado fino	717.21 Kg/m ³
Agregado grueso	942.80 Kg/m ³
Agua	225.04 Lt/m ³

Fuente: Elaboración Propia

3.2.16. Proporciones en peso:

$$\frac{\text{Peso del cemento}}{\text{Peso del cemento}} : \frac{\text{Peso A. F}}{P. \text{ cemento}} : \frac{\text{Peso A. G}}{P. \text{ cemento}} / \frac{\text{Agua efectiva}}{\frac{P. \text{ cemento}}{42.5 \text{ kg}}} \left(\frac{\text{Lt}}{\text{Bolsa}} \right)$$

Cuadro 20. Proporciones para diseño de mezcla de 210 kg/cm³.

Material	Proporción en peso	Peso (Kg)	% de mezcla
Cemento	1.00	408	17.79
Agregado fino	1.76	717.21	31.28
Agregado grueso ½"	2.31	942.8	41.12
Agua	0.55	225.04	9.81
Total, para 1 m³		2293.05	100

Fuente: Elaboración Propia

3.2.17. Pesos para la elaboración de los testigos de concreto

Para el proyecto se elaboró un total de 48 probetas de concreto; se colocaron las probetas de concreto convencional y modificado en un pozo de agua para las edades de 14 y 28 días de curado; se elaboró un diseño de mezclas de 210 Kg/ cm² para disponer los pesos y proporciones del cemento, agregados y agua. Después de realizar todos los pasos antes mencionados, se determinó la cantidad de materiales para una probeta.

3.2.18. Volumen de probeta:

$$\text{Vol. de probeta} = \left(\frac{D}{2} \right)^2 * \pi * h$$

$$Vol. de probeta = \left(\frac{0.15m}{2}\right)^2 * \pi * 0.30m$$

$$Vol. de probeta = 0.0053 m^3$$

3.2.19. Volumen del cono de Abrams:

$$Vol. del cono = \frac{1}{3} * \pi * h(R^2 + r^2 + Rr)$$

Donde:

R: Radio del diámetro de base inferior = 0.10m.

r: Radio de parte superior = 0.05m.

h: Altura de cono = 0.30m.

$$Vol. de probeta = 0.0053 m^3$$

3.2.20. Pesos para la elaboración de testigos:

Ya conociendo los pesos que se utilizaron para la elaboración de los especímenes de concreto, se adicionó el porcentaje de desperdicio del 5% por cada espécimen.

- Se hicieron 48 probetas durante dos días, en 4 tandas por día.
- 6 testigos por tanda, realizando 24 probetas por día.

Para la elaboración de los testigos de concreto, se empleó el siguiente cuadro:

Cuadro 21. Pesos para la elaboración de testigos de concreto

Descripción	Cant.	Un.	Vol. Probeta	Cantidad de probetas				Un.
				1+5%	3+5%	12+5%	48+5%	
Cemento	408.00	kg/m3	0.0053	2.27	6.81	27.25	108.98	Kg.
Agre. Fino	717.21	kg/m3	0.0053	3.99	11.97	15.03	191.58	Kg.
Agr.Gru ½”	942.80	kg/m3	0.0053	5.25	15.74	47.90	251.84	Kg.
Agua	225	lt/m3	0.0053	1.25	3.76	62.96	60.11	Lt.

Fuente: Elaboración Propia

3.2.21. Pesos de VRFM para 1m3 de concreto y para la elaboración de testigos:

A partir del cuadro 20, se sustituyó en diferentes porcentajes el agregado fino por VRFM para hallar el total de kilos de vidrio para 1m3 de concreto, siendo para el concreto con 10 % de VRFM un total de 71.72 kg de vidrio, con el 15% un total 107.58 kg y con el 20% un total de 143.44 kg de vidrio.

Luego de determinar los pesos para 1m³ de concreto, se determinó los pesos de VRFM para los testigos; se hizo una regla de tres simples utilizando el cuadro 21 y el número de especímenes a usar, los cuales hicieron una sumatoria de 21.55 kg de vidrio para un total de 48 probetas, los cuales son representados en el cuadro siguiente:

Cuadro 22. Pesos para la elaboración de testigos de concreto por tanda.

Descripción	Unidad	Concreto f'c 210 kg/cm ²	Concreto con 10% de VRFM	Concreto con 15% de VRFM	Concreto con 20% de VRFM	TOTAL
Nº de Probetas		12	12	12	12	48
Cemento	kg/m ³	27.25	27.25	27.25	27.25	108.98
Agua	lt/m ³	15.03	15.03	15.03	15.03	60.11
Agre. Fino	kg/m ³	47.90	43.11	40.71	38.32	170.03
Agr. Grueso	kg/m ³	62.96	62.96	62.96	62.96	251.84
Vidrio	kg/m ³	0	4.79	7.18	9.58	21.55

Fuente: Elaboración Propia

3.2.22. Consistencia de la mezcla (Slump):

Para lograr alcanzar estos resultados se hizo para la mezcla de concreto el ensayo de consistencia, utilizando el Cono de Abrams y midiendo los asentamientos en pulgadas, como se expresa en el siguiente cuadro:

Cuadro 23. Asentamiento del concreto en estado fresco.

Mezcla	Slump máximo (pulg.)	% Variación
CP	4.0	0%
C10% VRFM	3.5	-12.5%
C15% VRFM	3.4	-15%
C20% VRFM	3.4	-15%

Fuente: Elaboración Propia

Observando los datos del cuadro 23, la trabajabilidad de los concretos cumple con el asentamiento para columnas según el cuadro 11 (Determinación del asentamiento).

3.3. Determinación de la resistencia a la compresión de las muestras ensayadas

3.3.1. Cálculo de la resistencia a cargas de compresión

La resistencia a cargas de compresión, se obtuvo:

a) Área del testigo:

$$A. t. = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

At: Área del testigo (cm²) y D: diámetro del testigo (cm)

$$A. t. = \frac{\pi * 15^2}{4}$$

$$A. t. = 176.7 \text{ cm}^2$$

El área de la sección transversal del testigo es 176.7 cm².

b) Resistencia del concreto:

Para determinar la resistencia de las probetas, sometidas al ensayo de compresión, se calculó de acuerdo a la carga máxima que registra el equipo de medición, usando la expresión siguiente:

$$f'c = \frac{P}{At}$$

Donde:

f'c: Resistencia máxima de rotura a compresión (kg/cm²)

P: Carga máxima que es sometido el testigo (kg)

A.t: Área del testigo (cm²)

3.3.2. Rotura de testigos

Para las resistencias de las 48 probetas ensayadas, se verificó su cumplimiento según el cuadro 24, siendo las edades a observar 14 y 28 días de curado.

Cuadro 24. Porcentaje de Resistencia Según Días de Curado

Valores		
Días de Curado	Resistencia (%)	
	Mínimo	Ideal
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019

Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión de las probetas de concreto se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 25. Resistencia a la compresión de las probetas a 14 y 28 días de curado.

Resistencia en Kg/cm² según % de Vidrio Reciclado Finamente Molido						
EDAD	Resistencia de diseño		Grupo patrón	Con el 10% VRFM	Con el 15% VRFM	Con el 20% VRFM
	Mínimo	Ideal				
14 días	168	178.5	173.83	229.62	274.55	244.87
	168	178.5	176.73	228.52	273.95	245.84
	168	178.5	175.23	230.19	273.89	244.44
Promedio	168	178.5	175.26	229.44	274.13	245.05
28 días	210	241.5	246.82	260.63	295.42	284.32
	210	241.5	248.09	260.16	293.7	283.03
	210	241.5	247.57	260.04	295.29	282.09
Promedio	210	241.5	247.49	260.27	294.8	283.14

Fuente: Elaboración Propia

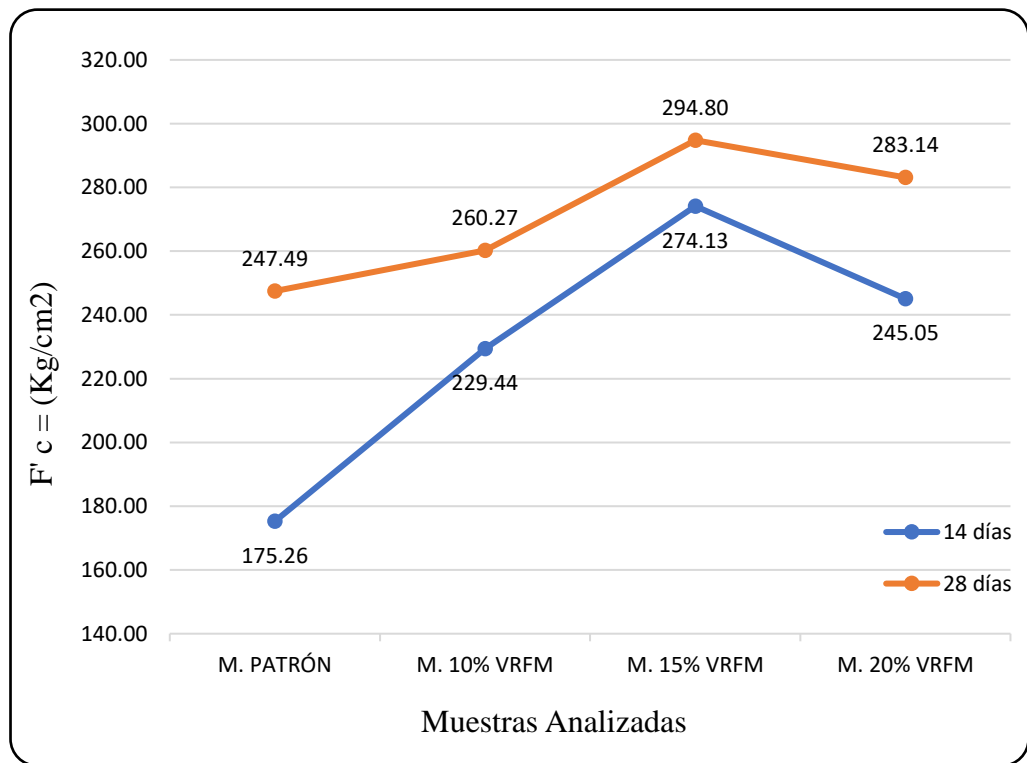


Figura 4. Resistencia a la compresión según porcentaje de vidrio reciclado finamente molido

Fuente: Elaboración Propia

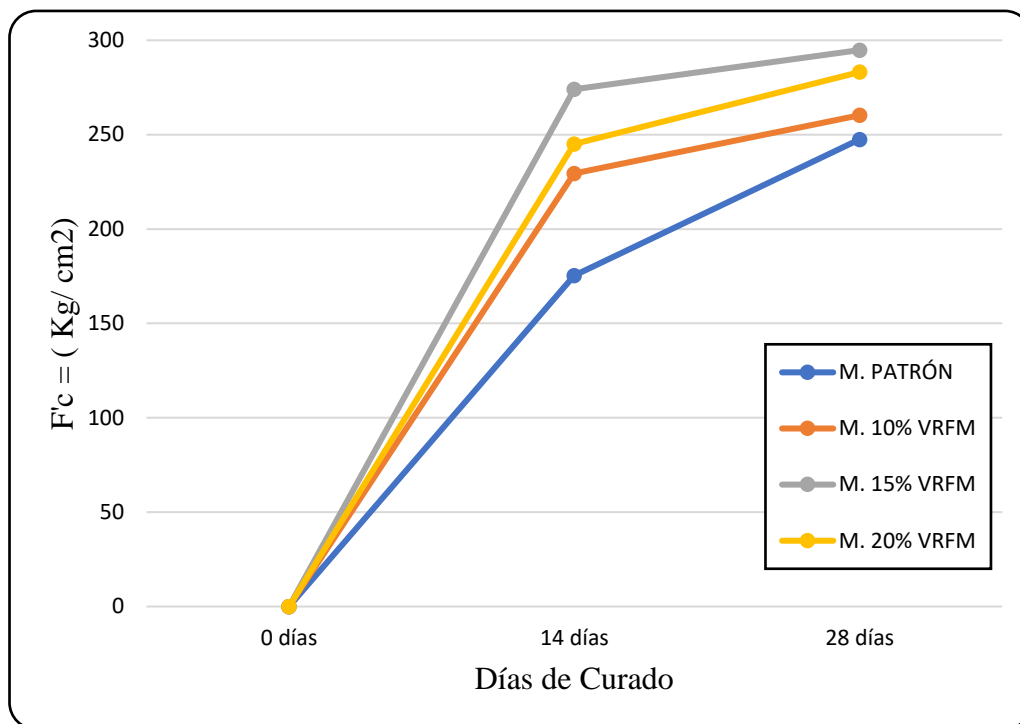


Figura 5. Resistencia a la compresión según días de curado de probetas.

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3. Porcentaje de las resistencias obtenidas en relación al concreto patrón

En el siguiente cuadro se muestra las diferencias de porcentaje de resistencia a la compresión según la edad de curado y su porcentaje de vidrio molido.

Cuadro 26. Porcentaje de la resistencia a la compresión respecto a la muestra patrón.

Días	MUESTRA	RESISTENCIA OBTENIDA	% Alcanzado
14	M. PATRÓN	175.26	0.0%
	M. 10% VRFM	229.44	30.9%
	M. 15% VRFM	274.13	56.4%
	M. 20% VRFM	245.05	39.8%
28	M. PATRÓN	247.49	0.0%
	M. 10% VRFM	260.27	5.2%
	M. 15% VRFM	294.80	19.1%
	M. 20% VRFM	283.14	14.4%

Fuente: Elaboración Propia

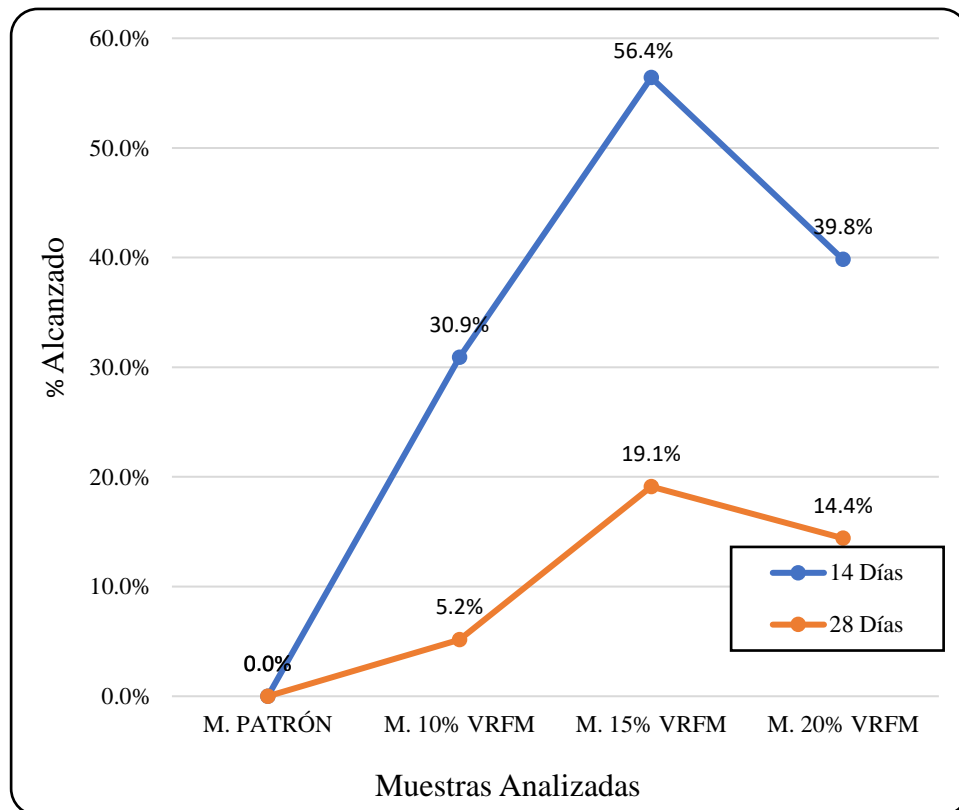


Figura 6. Porcentaje de la resistencia a la compresión de las muestras experimentales con respecto a la muestra patrón.

Fuente: Elaboración Propia

3.4. Comparación de las resistencias obtenidas, mediante el Análisis Estadístico

➤ Para 14 días de curado:

Cuadro 27. Prueba de normalidad para 14 días de curado

	Shapiro - Wilk			
	Media	Desviación- Estándar	gl	Sig.
M. Patrón	175.26	1.450	3	0.962
M. 10% VRFM	229.44	0.849	3	0.654
M. 15% VRFM	274.13	0.365	3	0.157
M. 20% VRFM	245.05	0.717	3	0.582

Fuente: Elaboración Propia

Como $\text{Sig.} > 0.05$ entonces los datos tienen un comportamiento “Normal”, en consecuencia, se aplica el análisis de varianza (ANOVA).

Cuadro 28. Análisis de Varianza (ANOVA) para 14 días de curado

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	15499.786	3	5166.595	15068.818	0.0000
Dentro de grupos	2.743	8	0.343		
Total	15502.529	11			

Fuente: Elaboración Propia

Como Sig. < 0.05, se afirma que existe diferencia significativa entre la muestra patrón y las muestras con 10%, 20% y 30% de VRFM, en consecuencia, aplicamos la prueba de comparaciones múltiples HSD Tukey.

Cuadro 29. Prueba de Comparaciones Múltiples HSD Tukey para 14 días de curado

(I) FACTOR	(J) FACTOR	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
M. PATRÓN	M. 10% VRFM	-54,18000*	0.000	-55.7110	-52.6490
	M. 15% VRFM	-98,86667*	0.000	-100.3977	-97.3356
	M. 20% VRFM	-69,78667*	0.000	-71.3177	-68.2556

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa la diferencia de medias en el cuadro 29, podemos apreciar que la mayor diferencia negativa es la resistencia más elevada, por lo que se concluye que la M. 15% VRFM es la resistencia que mejor superó a la muestra patrón.

➤ Para 28 días de curado:

Cuadro 30. Prueba de normalidad para 28 días de curado

	Shapiro - Wilk			
	Media	DesviaciónEst ándar	gl	Sig.
M. PATRÓN	247.49	0.638	3	0.801
M. 10% VRFM	260.28	0.311	3	0.370
M. 15% VRFM	294.80	0.958	3	0.130
M. 20% VRFM	283.15	1.120	3	0.827

Fuente: Elaboración Propia

Como Sig.>0.05 entonces los datos tienen un comportamiento “Normal”, en consecuencia, se aplica el análisis de varianza (ANOVA).

Cuadro 31. Análisis de Varianza (ANOVA) para 28 días de curado

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4142.862	3	1380.954	2064.566	0.0000
Dentro de grupos	5.351	8	0.669		
Total	4148.213	11			

Fuente: Elaboración Propia

Como Sig. < 0.05, se afirma que existe diferencia significativa entre el grupo patrón y el grupo experimental 1, grupo experimental 2 y grupo experimental 3, en consecuencia, aplicamos la prueba de comparaciones múltiples HSD Tukey.

Cuadro 32. Prueba de Comparaciones Múltiples HSD Tukey para 28 días de curado

(I) FACTOR	(J) FACTOR	Diferencia de medias (I-J)	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
M. PATRÓN	M. 10% VRFM	-12,78333*	0.000	-14.9218	-10.6449
	M. 15% VRFM	-47,31000*	0.000	-49.4484	-45.1716
	M. 20% VRFM	-35,65333*	0.000	-37.7918	-33.5149

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa la diferencia de medias en el cuadro 32, podemos apreciar que la mayor diferencia negativa es la resistencia más elevada, por lo que se concluye que la M. 15% VRFM es la resistencia que mejor supero a la muestra patrón.

IV. DISCUSIÓN

4.1. Asentamiento del concreto en estado fresco

En el cuadro 23, se aprecia el slump del concreto en estado fresco de la muestra patrón y de las muestras al reemplazar agregado fino por vidrio reciclado finamente molido al 10%, 15% y 20%; se logró un asentamiento ubicado entre 3" y 4" (7.62cm – 10.16cm), con un decremento para la muestra con 10% VRFM en 12.5%, mientras que para las muestras de 15% y 20% se obtuvo un decremento de 15%, todo esto respecto a la muestra patrón, así también lo confirma Peñafiel (2016) quien utilizó vidrio molido en reemplazo parcial del agregado fino y tuvo un asentamiento de sus concretos experimentados, entre 2.32" y 3.54" (6cm - 9cm), según la NTE (Norma Técnica Ecuatoriana) para un concreto 210 Kg/cm²; en los resultados obtenidos se puede apreciar que se encuentran en un asentamiento adecuado y por consecuencia se brindó una mejor trabajabilidad del concreto, es decir el vidrio reciclado finamente molido no afecta la trabajabilidad, entonces se afirma que es un concreto apto para trabajar según el asentamiento que obtuvimos en el análisis de estas muestras con vidrio reciclado finamente molido.

4.2. Comparación entre probetas de concreto patrón y con VRFM

En el cuadro 25, se puede observar que todas las mezclas lograron superar a la muestra patrón, mientras que en el cuadro 26, la muestra con 15% de VRFM fue la que mejor superó la resistencia a la compresión en las dos edades de estudio, mientras Codina (2018), quien estudió su concreto a las edades de 7, 14 y 28 días, sustituyendo el agregado fino por vidrio molido reciclado al 5% y 10%, obtuvo resultados positivos al superar la resistencia a la compresión del concreto patrón en sus tres edades de estudio, quien afirmó que se obtuvo mejor resistencia a la compresión con mayor porcentaje de vidrio, en esta investigación no se presenció que a mayor porcentaje de vidrio aumenta la resistencia, esto se debe a que solo estudió porcentajes de 5% y 10% de vidrio y solo hizo dos comparaciones con el concreto patrón, mientras que en este trabajo se realizaron tres comparaciones y se utilizó porcentajes de 10%, 15% y 20% de VRFM, es por ello que se llegó a conclusiones distintas, por su parte Peñafiel (2016), estudió un concreto añadiendo un 10%, 20%, 30% y 40% de vidrio molido a las edades de 7, 14 y 28 días, en la cual se obtuvo que a 14 días solo lograron superar al concreto patrón las muestras con 30% y 40%, mientras que a los 28 días solo logró superar a la muestra

patrón el concreto la muestra con 40%, lo cual le llevo a concluir que a mayor tiempo de curado y mayor porcentaje de vidrio aumenta la resistencia a la compresión, en lo cual no podemos afirmar lo mismo ya que en este estudio no dio el mayor porcentaje una mayor resistencia, esto se debe a que nosotros utilizamos vidrio reciclado finamente molido, para lo cual se realizó el análisis granulométrico para acercarse a la granulometría del agregado fino.

En los resultados obtenidos según la ruptura de probetas, se aprecia que la influencia del vidrio en el concreto ayuda a mejorar la resistencia a la compresión en las edades de curado estudiadas; observándose en la figura 4 que la mayor resistencia a la compresión fue la muestra con 15% de VRFM a la edad de 14 y 28 días superando a la muestra patrón por un 56.4% y 19.1% respectivamente como se detalla en la figura 6. Por otro lado, sería de mucha utilidad reemplazar el agregado fino por vidrio ya que se reducirían costos y se cuidaría el medio ambiente con tanto desecho de vidrio encontrado en el planeta tierra.

4.3. Análisis Estadístico

En cuanto al análisis estadístico, se observa en el cuadro 27, prueba de normalidad, un comportamiento normal de las muestras ($\text{Sig.} > 0.05$) a la edad de 14 días; siendo de la misma manera a la edad de 28 días, según el cuadro 30; en la muestra de comparaciones múltiples HSD Tukey a través de los cuadros 29 y 32, para las edades de 14 y 28 días respectivamente; se aprecian las comparaciones entre la muestra control y las muestras experimentales, en lo cual se aprecian variaciones muy significativas ($\text{Sig.} < 0.05$), en donde la mayor diferencia se dio en la muestra con 15% VRFM, la cual reafirma la influencia del vidrio en la resistencia del concreto pudiéndose apreciar los valores en los cuadros 27 y 30, en los cuales se observa las medias de cada muestra reconfirmando claramente que la muestras experimentales superaron a la patrón en más del 30% para la edad de 14 días y 5% para la edad de 28 días; la muestra con 15% de VRFM es la que alcanzó la resistencia a la compresión más alta, reafirmando la influencia positiva del vidrio respecto a la resistencia a la compresión del concreto.

V. CONCLUSIONES

1. La granulometría del Vidrio Reciclado Finamente Molido, está dentro de los límites establecidos por la norma ASTM C33; además el vidrio molido, cuenta con un módulo de fineza de 3.26, que según la norma antes mencionada es una arena gruesa, ya que su fineza excede a 3.1; así mismo el agregado grueso y fino cumplen la norma ASTM C33, pudiendo emplearse para la elaboración de concreto.
2. Mediante el método Comité 211 del ACI, se obtuvo las proporciones de los materiales para 1m³ de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, siendo la relación 1:1.76:2.31:0.55; para el cemento, agregado fino, agregado grueso y agua.
3. El concreto patrón y el modificado lograron superar la resistencia de diseño para las edades de 14 y 28 días de curado y para ambas edades la resistencia del concreto con VRFM fue superior al patrón.
4. Aplicando el método estadístico se logró observar que para las dos edades de curado la mayor resistencia a la compresión fue el concreto con 15 % de VRFM, logrando superar al concreto patrón hasta un 56 % a la edad de 14 días y hasta un 19 % a la edad de 28 días de curado.
5. La hipótesis de esta investigación es válida, ya que al sustituir agregado fino por VRFM en el concreto, aumenta la resistencia a la compresión; logrando ser un beneficio para las estructuras y también para el medio ambiente, ya que se utilizó un material reciclable.

VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda disminuir un 5 % la cantidad de agua para las probetas con VRFM, para lograr asentamientos parecidos al concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.
2. Utilizar porcentajes mayores al 20 % de sustitución de agregado fino por vidrio reciclado finamente molido, para observar su influencia en la resistencia a la compresión y flexión.
3. Fomentar la investigación para el uso de materiales reciclables, con el fin de que se puedan reutilizar en la fabricación del concreto y puedan mejorar sus propiedades mecánicas.

REFERENCIAS

- ABDALLAH, Sadoon. Characteristics of concrete with waste glass as fine aggregate replacement. *International journal of Engineering and Technical Research[online]*. June 2014, Volume 2, n°6. [Cited June 6, 2019]. Available from <https://www.researchgate.net/publication/263652300> Characteristics of concrete with waste glass as fine aggregate replacement
- AL-ZUBAIDI, Aseel, SHABEED, Kadum and IBRAHIM, Aynoor. Study The Effect of Recycled Glass on the Mechanical Properties of Green Concrete Aggregates. *Energy Procedia[online]*. April 2017. [Cited June 10, 2019]. Available from <https://www.researchgate.net/publication/320991945> Study The Effect of Recycled Glass on The Mechanical Properties of Green Concrete
- AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, ACI 211, Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete, Farmington Hills: MI, 2009, 38 pp.
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS, ASTM C29/C29M-97, Standard test method for bulk density (unit weight) and gaps in the aggregate, West Conshohocken: PA, 1997, 4 pp.
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS, ASTM C33-03, Standard specification for concrete aggregates, West Conshohocken: PA, 2003, 11 pp.
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS, ASTM C39/C39M-09, Standard Test Method for Resistance to Compression of Cylindrical Concrete Specimens, West Conshohocken: PA, 2009, 8 pp.
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS, ASTM C127-07, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Coarse aggregate absorption, West Conshohocken: PA, 2007, 8 pp.
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS, ASTM C128-12, Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Fine Aggregate, West Conshohocken: PA, 2012, 6 pp.
- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS, ASTM C136-01, Standardized Test Test Method to determine the Granulometric Analysis of Fine and Coarse Aggregates, West Conshohocken: PA, 2001, 9 pp.

- AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS, ASTM C566-97, Test method for measuring total moisture content in aggregates by drying, West Conshohocken: PA, 2004, 6 pp.
- ANUPAMA, Krishma, R., Priyadarsini, S., Narayanan. *Effect of Elevated Temperatures on the Mechanical Properties of Concrete*. Procedia Structural Integrity [online]. May 2019. Volume 14. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2019]. Disponible <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452321619300496>
- BEDOYA, Carlos y DZUL, Luis. El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. *Revista ingeniería de construcción [en línea]*. Julio 2015. Volumen 30,nº2. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/283228528_Concrete_with_recycled_aggregates_as_urban_sustainability_project
- BUNTARA, Gan, HAN, Aylie, MIRZA, Abdillah. *The Behavior of Graded Concrete, an Experimental Study*. Procedia Engineering [online]. 2015. Volume125. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815033937>
- CASTAÑO, Linsel, Alujas, Orozco, Martirena, *Influence of very fine fraction of mixed recycled aggregates on the mechanical properties and durability of mortars and concretes*. Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia [online]. September – December de 2016. n° 81. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-62302016000400081&lang=es
- CHÁVEZ, Silva Ana. Influencia del tamaño de vidrio molido en la resistencia a compresión del concreto Trujillo 2019. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2019. Disponible en <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21164/Ch%C3%A1vez%20Silva%20Ana%20Felicitas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CODINA, Rodriguez Rita. Resistencia a la compresión de un concreto $f'_c=210$ kg/cm² con agregado fino sustituido en 5% y 10% por vidrio molido reciclado. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Huaraz: Universidad San Pedro, 2018. Disponible en http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/5474/Tesis_57429.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- CONTRERAS, Magaly y GONZALES, Andrés. Influencia de la cantidad adicionada de vidrio de desecho en reemplazo de agregado fino, sobre la densidad, absorción y resistencia a la compresión en morteros y pilas de albañilería. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2016. Disponible en <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8950/CONTRERAS%20LA%20IZA%2c%20Magali%20Maribel%3b%20GONZALEZ%20PEREZ%2c%20Andr%C3%A9s%20Guillermo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DU, Hongijan and Tan, Kiang. Concrete with Recycled Glass as Fine Aggregates. *Aci Materials Journal[online]*. January-february 2014. [Cited june 10, 2019]. Available from https://www.researchgate.net/publication/283439859_Concrete_with_Recycled_Glass_as_Fine_Aggregates
- ENSHASSI, Adnan, KOCHENDOERFER, Bernd and RIZQ, Ehsan. An evaluation of environmental impacts of construction projects. *Revista Ingeniería de Construcción[online]*. November 2014, Volume 29, n°3. [Cited june 5, 2019]. Available from https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732014000300002&lng=en&nrm=iso&tlng=en. ISSN: 0718-5073
- FLORES, Vicente, JIMÉNEZ, Víctor, PÉREZ, Alexis. *Influencia de la incorporación de vidrio triturado en las propiedades el Comportamiento de una Alta Temperatura de morteros de cemento*. Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio [en línea]. Abril de 2018. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0366317518300153>
- GAUTAM, S., AGARWAL, V. and SRIVASTAVA, Vikas. Use of glass wastes as fine aggregate in concrete. *Youth Education and Research Trust[online]*. November 2012, Volume 1, n°6. [Cited june 10, 2019]. Available from https://www.researchgate.net/publication/268689033_Use_of_glass_wastes_as_fine_aggregate_in_Concrete ISSN: 2278-5213
- GUEVARA, Fallas Génesis, Efecto de la variación agua/cemento en el concreto [et al]. *Tecnología en marcha [en línea]*. Abril-junio 2012. Volumen 25, n°2. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200730112016000200035. ISSN: 2007-3011

- INDECOPI, NTP 339.185. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Lima: PE, 2013. 13 pp.
- KORE, Sudarshan. *Impact of fire on mechanical properties of concrete containing marble waste*. Journal of King Saud University - Engineering Sciences [online]. January 2019. Volume 31. n° 1. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018363916300745>
- LEÓN, Liset, HERNÁNDEZ, Maibel. Comparación de los valores de resistencia a compresión del hormigón a la edad de 7 y 28 días. *Revista de Arquitectura e Ingeniería [en línea]*. 2016. Volumen 10, n°1. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.redalyc.org/html/1939/193945713002/>. E-ISSN: 190-8830
- MIRANDA, Edson, BEZERRA, Helton, POLITI, Flávio and PAIVA, Antonio. Increasing the compressive strength of Portland cement concrete using flat glass powder. *Materials research[online]*. April 2014, Volume 17, n°1. [Cited June 5, 2019]. Available from http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392014000700009 ISSN: 1516-1439
- MONTOYA, Yirson, CADAVI, Albeiro y GÓMEZ, Astrid. Comportamiento Mecánico y de Fraguado de Morteros de Cemento Portland Gris Tipo III con Aditivos. *Revista EIA [en línea]*. Julio 2009. n°11. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S179412372009000100004&lng=en&nrm=iso&tlng=es. ISSN: 1794-1237
- MORENO, Eric, SOLIS, Rómel, VARELA, Jorge y GÓMEZ, Marco. Resistencia a tensión del concreto elaborado con agregado calizo de alta absorción. *Concreto y Cemento. Investigación y desarrollo [en línea]*. Julio-diciembre 2016. Volumen 8, n°1. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200730112016000200035. ISSN: 2007-3011
- MUÑOZ, Francisco y MENDOZA, Carlos. La durabilidad en las estructuras de concreto reforzado desde la perspectiva de la norma española para estructuras de concreto. *CONCRETO Y CEMENTO. INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO [en línea]*. Julio-diciembre 2012. Volumen 4, n°1. [Fecha de consulta: 5 de junio de

2019]. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S200730112012000200004

- OBANDO Paredes, Anndy. Evaluación de la resistencia mecánica del concreto incorporando vidrio reciclado como agregado fino en muros de defensa ribereña en Trujillo. Región la Libertad 2016. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2016. Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/18425>
- PEÑAFIEL Carrillo, Daniela. Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2016. Disponible en <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23038/1/Tesis%20%201011%20-%20Pe%C3%B1afiel%20Carrillo%20Daniela%20Alejandra.pdf>
- PONCE, Carla, HUAMANI, Kevin y SÁNCHEZ, Eddie. Los beneficios del uso de bacterias en el concreto autorregenerante. *Revista CIVILIZATE [en línea]*. Julio 2015. n°7. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en <http://revistas.pucp.edu.pe/ndex.php/civilizate/article/view/16153>
- RIVVA, López Enrique. Diseño de mezclas. 2a. ed. Instituto de la construcción y gerencia: Lima, 2014. 285. pp.
- RODRÍGUEZ, M. y Ruiz, M. Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio. *Revista Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales [en línea]*. Septiembre 2016. vol. 3. n°3. [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2019]. Disponible en <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEfyN/article/viewFile/13637/15208>
- SÁNCHEZ, Diego. Tecnología del concreto y del mortero, 5.a ed. Colombia: Bhandar Editores, 2001. 349 pp, ISBN: 9589247040.
- SALAMANCA, Rodrigo. Aplicación del cemento portland y los cementos adicionados. *Ciencia e ingeniería neogranadina [en línea]*. Julio 2001. n°10. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=91101005>

- SERRANO, Guzmán María, Residuos inertes para la preparación de ladrillos con material reciclable: Una práctica para la protección del ambiente [et al]. *Revista Industrial [en línea]*. Mayo 2017. n°1. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en <http://www.redalyc.org/html/816/81652135016/>. ISSN: 1810-9993.
- SOBREVILLA, Beny. El cemento como material esencial para edificaciones que purifiquen el aire, absorbiendo gases de efecto invernadero. *Revista Civilizate [en línea]*. 2016, n°8. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/civilizate/article/view/18620>
- TUNG-CHAI, Ling, CHI-SUN, Poon y HAU-WING, WONG. Management and recycling of waste glass in concrete products: Current situations in Hong Kong. *Resources, Conservation and Recycling [online]*. October 2013, n°70. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344912001917>
- UNICON, Agregados para Concreto [en línea], 2017, [Fecha de consulta: 6 de junio de 2019]. Disponible en <http://www.unicon.com.pe/repositorioaps/0/0/jer/prodagre/files/FichaTecnicaAgregadosparaConcretoUNICON.pdf>
- UNIVERSIDAD César Vallejo (Perú), CIT Moche Laboratorio de mecánica de suelos y materiales. Formato de procesamientos. Certificado de Análisis de Agregados y Certificado de Rotura. Trujillo. 2019.
- WALKEY, B., PROVIS, J. *Solid-state nuclear magnetic resonance spectroscopy of cements*. *Materialstoday Advances [online]*. March 2019. Volume 1. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590049819300116>

ANEXOS

- ANEXO 1 (REGISTRO FOTOGRÁFICO)



Figura 7. Recolección de botellas de vidrio y trituración de botellas de vidrio

Fuente: Elaboración Propia



Figura 8. Molienda de botellas de vidrio y granulometría del vidrio molido

Fuente: Elaboración Propia



Figura 9. Materiales: Vidrio molido y agregado fino

Fuente: Elaboración Propia

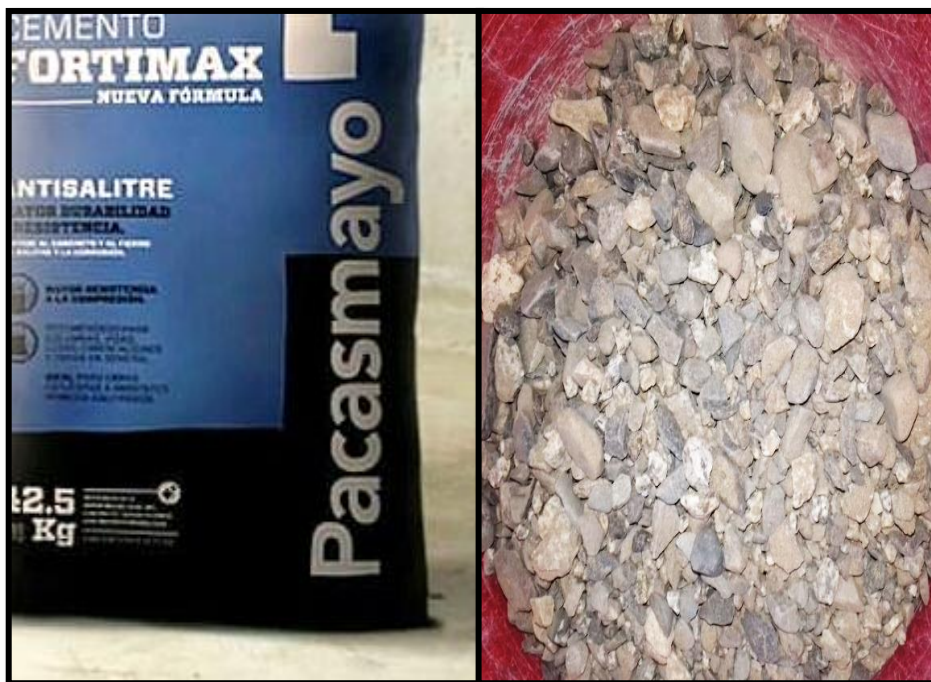


Figura 10. Materiales: Cemento P. Antisalitre y agregado grueso

Fuente: Elaboración Propia



Figura 11. Medida del slump del concreto y elaboración de probetas

Fuente: Elaboración Propia

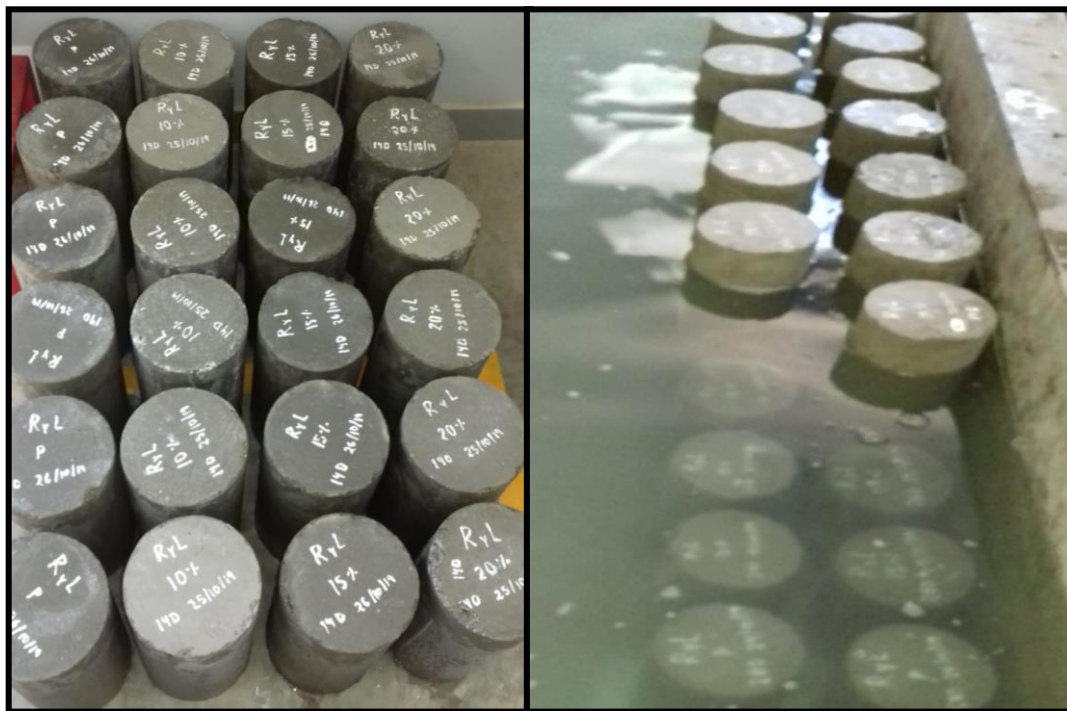


Figura 12. Desencofrado de probetas y curado de probetas

Fuente: Elaboración Propia



Figura 13. Ensayo de resistencia a la compresión a 14 días de curado

Fuente: Elaboración Propia



Figura 14. Ensayo de resistencia a la compresión a 28 días de curado

Fuente: Elaboración Propia

• ANEXO 2 (FICHAS DE OBSERVACIÓN)



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
 ASTM C 136

PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO

SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A*F / VIDRIO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

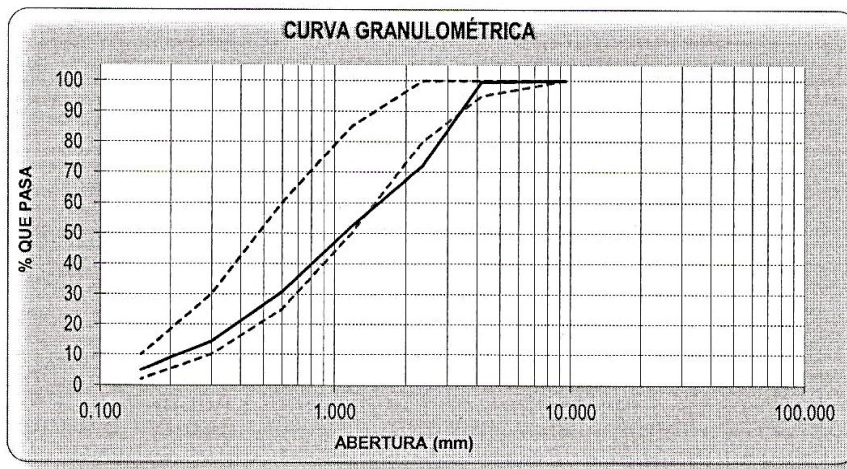
DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra tamizada : 500.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 475.32

Peso de muestra en el plato : 24.68

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
No4	4.178	2.18	0.44	0.44	99.56	95 - 100	
8	2.360	137.15	27.43	27.87	72.13	80 - 100	Módulo de Finura
16	1.180	99.77	19.95	47.82	52.18	50 - 85	3.26
30	0.600	107.52	21.50	69.32	30.68	25 - 60	Tamaño Máximo
50	0.300	81.72	16.34	85.67	14.33	10 - 30	No4
100	0.150	46.98	9.40	95.06	4.94	2 - 10	Tamaño Máximo Nominal
PLATO		24.68	4.94	100.00	0.00		
Total		500.00	100.00				8 = 2.360 mm



CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Figura 15. Análisis Granulométrico del Vidrio Reciclado Finamente Molido

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
ASTM C 136

PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO

SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A*F* / CANT. EL MILAGRO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

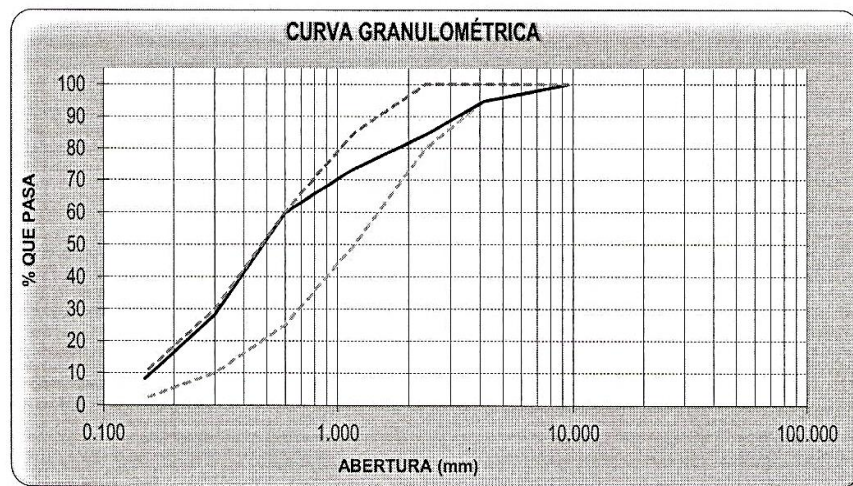
DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra tamizada : 500.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 459.45

Peso de muestra en el plato : 40.55

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	1.57%
No4	4.178	25.95	5.19	5.19	94.81	95 - 100	
8	2.360	52.30	10.46	15.65	84.35	80 - 100	Módulo de Finura
16	1.180	54.10	10.82	26.47	73.53	50 - 85	2.51
30	0.600	68.45	13.69	40.16	59.84	25 - 60	Tamaño Máximo
50	0.300	158.20	31.64	71.80	28.20	10 - 30	No4
100	0.150	100.45	20.09	91.89	8.11	2 - 10	Tamaño Máximo
PLATO		40.55	8.11	100.00	0.00		Nominal
Total		500.00	100.00				30 = 0.600 mm



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 16. Análisis Granulométrico del Agregado Fino

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS
ASTM C 136

PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO

SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A'G' / CANT. EL MILAGRO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

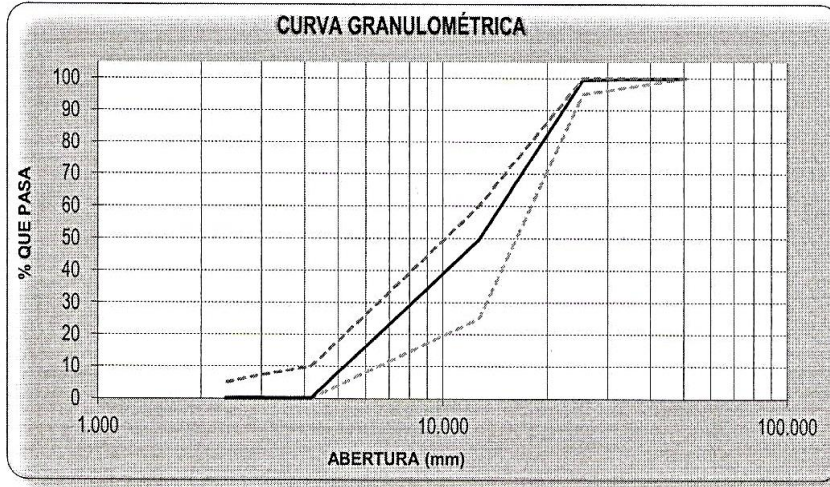
DATOS DEL ENSAYO

Peso total de la muestra tamizada : 2500.00

Peso de muestra tamizada sin plato : 2497.56

Peso de muestra en el plato : 2.44

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Requisito de % que Pasa	Contenido de Humedad
3 plg	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00		0.48%
2 plg	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100.00	
1 1/2 plg	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Módulo de Finura
1 plg	25.400	13.88	0.56	0.56	99.44	95 - 100	
3/4 plg	19.050	154.16	6.17	6.72	93.28		6.85
1/2 plg	12.700	1090.50	43.62	50.34	49.66	25 - 60	Tamaño Máximo
3/8 plg	9.525	699.00	27.96	78.30	21.70		1 plg
No4	4.75	536.30	21.53	99.83	0.17	0 - 10	
8	2.360	1.72	0.07	99.90	0.10	0 - 5	Tamaño Máximo Nominal
PLATO		2.44	0.10	100.00	0.00		
Total		2500.00	100.00				1/2 plg = 12.70 mm



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 17. Análisis Granulométrico del Agregado Grueso

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS
ASTM C 128

PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO

SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 -

MUESTRA : C-X / A'F' / CANT. EL MILAGRO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° F°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	488.75	488.59
B= Peso de la fiola afroada llena de agua (g)	641.70	674.70
C= Peso total de la fiola, aforada con la muestra y agua (g)	949.90	981.80
S= Peso de la muestra saturada con superficie seca (g)	500.00	500.00
Peso específico de masa (P _{em})	2.55	2.53
Peso específico de masa saturada con superficie seca (P _{eSSS})	2.61	2.59
Peso específico aparente (P _{ea})	2.71	2.69
Absorción (%)	2.30	2.34
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (P _{em})	2.54	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA (P _{eSSS})	2.60	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (P _{ea})	2.70	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	2.32	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 18. Gravedad Específica y Absorción del Agregado Fino

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS
ASTM C 127

PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO

SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 -

MUESTRA : C-X / A'G' / CANT. EL MILAGRO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE A° G°	Ensayo 01	Ensayo 02
A= Peso en el aire de la muestra seca (g)	2778.50	2849.20
B= Peso en el aire de la muestra saturada con superficie seca (g)	2803.10	2874.00
C= Peso sumergido en agua de la muestra saturada (g)	1765.50	1800.90
Peso específico de masa (Pem)	2.68	2.66
Peso específico de masa saturada con superficie seca (PeSSS)	2.70	2.68
Peso específico aparente (Pea)	2.74	2.72
Absorción (%)	0.89	0.87
PESO ESPECÍFICO DE MASA PROMEDIO (Pem)	2.67	
PESO ESPECÍFICO DE MASA SATURADA CON SUPERFICIE SECA PROMEDIO (PeSSS)	2.69	
PESO ESPECÍFICO APARENTE PROMEDIO (Pea)	2.73	
ABSORCIÓN PROMEDIO (%)	0.88	

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 19. Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29**

PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO

SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A*F / CANT. EL MILAGRO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método Suelto

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm ³)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	9690.00	9610.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	4802.00	4722.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.587	1.560
Contenido de Humedad (%)	1.57%	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.587	1.560
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm ³)	1.573	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m ³)	1573.45	
% de Vacíos	38.07%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 20. Peso Unitario y Vacíos del Agregado Fino (Método Suelto)

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29

PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO

SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A"F" / CANT. EL MILAGRO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO Y VACÍOS DEL AGREGADO FINO

Método compactado por apisonado

Muestra N°	1	2
Peso del frasco (gr)	4888.00	4888.00
Volúmen del frasco (cm3)	3026.00	3026.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	10180.00	10190.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	5292.00	5302.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.749	1.752
Contenido de Humedad (%)	1.57%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.749	1.752
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	1.750	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	1750.22	
% de Vacíos	31.11%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 21. Peso Unitario y Vacíos del Agregado Fino (Método Compactado por apisonado)

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29

PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO

SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD


FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / A*G' / CANT. EL MILAGRO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

Método suelto

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (gr)	8583.00	8583.00
Volúmen del frasco (cm ³)	10314.00	10314.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	23640.00	23860.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	15057.00	15277.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm ³)	1.460	1.481
Contenido de Humedad (%)	0.48%	
Peso Unitario Seco (gr/cm ³)	1.460	1.481
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm ³)	1.470	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m ³)	1470.45	
% de Vacíos	44.85%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 22. Peso Unitario y Vacíos del Agregado Grueso (Método Suelto)

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PESO UNITARIO Y VACÍOS DE AGREGADOS
ASTM C-29

PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO

SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 -

MUESTRA : C-X / A*G' / CANT. EL MILAGRO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PESO UNITARIO SUELTO Y VACÍOS DEL AGREGADO GRUESO

Método compactado por apisonado

Muestra N°	1	2
Peso del recipiente (gr)	8583.00	8583.00
Volúmen del frasco (cm3)	10314.00	10314.00
Peso del Suelo Húmedo + Frasco (gr)	25210.00	25330.00
Peso del Suelo Húmedo (gr)	16627.00	16747.00
Peso Unitario Húmedo (gr/cm3)	1.612	1.624
Contenido de Humedad (%)	0.48%	
Peso Unitario Seco (gr/cm3)	1.612	1.624
Peso Unitario Seco Promedio (gr/cm3)	1.618	
Peso Unitario Seco Promedio (Kg/m3)	1617.82	
% de Vacíos	39.33%	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 23. Peso Unitario y Vacíos del Agregado Grueso (Método Compactado por apisonado)

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
MTC E 215

PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO

SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 -

MUESTRA : C-X / A"F" / CANT. EL MILAGRO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO

MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	48.43	52.12	49.00
Peso del tarro + suelo humedo (g)	177.83	172.90	161.97
Peso del tarro + suelo seco (g)	175.72	171.06	160.28
Peso del suelo seco (g)	127.29	118.94	111.28
Peso del agua (g)	2.11	1.84	1.69
% de humedad (%)	1.66	1.55	1.52
% de humedad promedio (%)	1.57		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 24. Ensayo de Contenido de Humedad total del Agregado Fino por secado

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
MTC E 215

PROYECTO : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO

SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 -

MUESTRA : C-X / A'G' / CANT. EL MILAGRO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO GRUESO

MTC E 215

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	50.36	51.79	49.94
Peso del tarro + suelo humedo (g)	151.49	154.19	158.16
Peso del tarro + suelo seco (g)	150.99	153.66	157.70
Peso del suelo seco (g)	100.63	101.87	107.76
Peso del agua (g)	0.50	0.53	0.46
% de humedad (%)	0.50	0.52	0.43
% de humedad promedio (%)	0.48		

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 25. Ensayo de Contenido de Humedad total del Agregado Grueso por secado

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO
 SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 06 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	COLUMNAS	210	25/10/2019	08/11/2019	14	70849.87	32137.00	186.27	172.53	82.16
02	COLUMNAS	210	25/10/2019	08/11/2019	14	71257.73	32322.00	181.46	178.12	84.82
03	COLUMNAS	210	25/10/2019	08/11/2019	14	70979.95	32196.00	183.85	175.12	83.39
04	COLUMNAS	210	25/10/2019	08/11/2019	14	73879.02	33511.00	191.13	175.33	83.49
05	COLUMNAS	210	25/10/2019	08/11/2019	14	72320.35	32804.00	188.69	173.85	82.79
06	COLUMNAS	210	25/10/2019	08/11/2019	14	72049.19	32681.00	185.06	176.60	84.09
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Figura 26. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón a 14 días de curado

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO
 SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 06 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	94840.55	43019.00	186.27	230.96	109.98
02	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	93740.44	42520.00	186.27	228.28	108.70
03	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	90797.27	41185.00	179.08	229.98	109.52
04	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	88460.38	40125.00	176.72	227.06	108.12
05	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	96068.52	43576.00	188.69	230.94	109.97
06	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	95442.41	43292.00	188.69	229.43	109.25
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Figura 27. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 10 % de VRFM a 14 días de curado

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39**

OBRA : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO
SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
TESTIGOS : 06 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Nº de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	108357.07	49150.00	179.08	274.46	130.70
02	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	108429.83	49183.00	179.08	274.64	130.78
03	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	111670.62	50653.00	185.06	273.71	130.34
04	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	111132.69	50409.00	183.85	274.18	130.56
05	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	114263.25	51829.00	188.69	274.67	130.80
06	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	111419.29	50639.00	185.06	273.10	130.05
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Figura 28. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 15 % de VRFM a 14 días de curado

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO
 SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 06 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	98039.45	44470.00	181.46	245.07	116.70
02	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	96595.43	43815.00	179.08	244.67	116.51
03	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	97062.60	44027.00	179.08	245.85	117.07
04	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	96642.21	45197.00	183.85	245.83	117.06
05	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	97219.33	44098.00	180.27	244.63	116.49
06	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	25/10/2019	08/11/2019	14	99002.87	44907.00	183.85	244.25	116.31
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Figura 29. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 20 % de VRFM a 14 días de curado

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO
 SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 06 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	COLUMNAS	210	24/10/2019	21/11/2019	28	97005.48	44001.00	179.08	245.71	117.00
02	COLUMNAS	210	24/10/2019	21/11/2019	28	100493.19	45583.00	183.85	247.93	118.06
03	COLUMNAS	210	24/10/2019	21/11/2019	28	101238.36	45921.00	183.85	249.77	118.94
04	COLUMNAS	210	24/10/2019	21/11/2019	28	98572.97	44712.00	181.46	246.40	117.33
05	COLUMNAS	210	24/10/2019	21/11/2019	28	102966.78	46705.00	188.89	247.52	117.87
06	COLUMNAS	210	24/10/2019	21/11/2019	28	100365.33	45525.00	183.85	247.61	117.91
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Figura 30. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto Patrón a 28 días de curado

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO
 SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 06 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Nº de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	105667.44	47930.00	183.85	260.70	124.14
02	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	105610.12	47904.00	183.85	260.55	124.07
03	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	105360.99	47791.00	183.85	259.94	123.78
04	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	105537.36	47871.00	183.85	260.37	123.99
05	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	103751.62	47061.00	181.46	259.35	123.50
06	COLUMNAS 10% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	105680.66	47936.00	183.85	260.73	124.16
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales
 CP: 211074

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Figura 31. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 10 % de VRFM a 28 días de curado

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39

OBRA : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO
 SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY
 UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
 TESTIGOS : 06 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
 RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
 FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

Nº de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	116703.76	52936.00	179.08	295.60	140.76
02	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	116560.46	52871.00	179.08	295.24	140.59
03	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	116955.09	53050.00	181.46	292.35	139.22
04	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	119587.41	54244.00	183.85	295.04	140.49
05	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	118291.09	53656.00	181.46	295.69	140.81
06	COLUMNAS 15% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	114882.75	52110.00	176.72	294.88	140.42
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 LAB. SUELOS
 Ing. Bryan Emmanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

Figura 32. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 15 % de VRFM a 28 días de curado

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**CERTIFICADO DE ROTURA
ASTM C39**

OBRA : RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO AGREGANDO VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO
SOLICITANTE : RÁZURI CUEVA, DANIEL - LEÓN REYES, DEIVY
UBICACIÓN : TRUJILLO - TRUJILLO - LA LIBERTAD
TESTIGOS : 06 TESTIGOS ALCANZADOS POR EL SOLICITANTE
RESPONSABLE LAB. : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA
FECHA : NOVIEMBRE DEL 2019

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN

N° de Testigo	Estructura	Resist. Kg/cm ²	Fecha de Rotura		Edad (días)	Carga		Sección cm ²	Resistencia Obtenida Kg/cm ²	Porcentaje del Diseño %
			Moldeo	Rotura		Lbs.	Kgs.			
01	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	110473.51	50110.00	176.72	283.56	135.03
02	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	112545.85	51050.00	179.08	285.07	135.75
03	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	111677.23	50656.00	179.08	282.87	134.70
04	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	110328.00	50044.00	176.72	283.19	134.85
05	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	111143.71	50414.00	179.08	281.52	134.06
06	COLUMNAS 20% VIDRIO RECICLADO FINAMENTE MOLIDO	210	24/10/2019	21/11/2019	28	110118.56	49949.00	176.72	282.65	134.60
OBSERVACIONES Y SUGERENCIAS			EL MOLDEO Y CURADO DE LOS TESTIGOS HA SIDO REALIZADO POR EL SOLICITANTE							

VALORES		
EDAD EN DÍAS	RESISTENCIA (%)	
	MÍNIMO	IDEAL
7	70	75
14	80	85
21	90	95
28	100	115

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
ucv.edu.pe

Figura 33. Ensayo de Resistencia a la Compresión del Concreto con 20 % de VRFM a 28 días de curado

Fuente: Universidad César Vallejo, Laboratorio de suelos y materiales, 2019