



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del
concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado -
Lima 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Loayza Saboya, Jesus Hilebramht (ORCID: 0000-0003-2100-1750)

Melendres Quiquia, Kenner Hermes (ORCID: 0000-0001-5319-9293)

ASESOR:

Mag. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-4926-8556)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

A mi familia por el gran esfuerzo que hicieron durante los años de mi estudio, por su constante apoyo de manera económica y moral.

También a los maestros que hicieron un buen papel de maestro para incrementar mi conocimiento sobre la rama de ingeniería, gracias a ellos son quien soy ahora.

Kenner H. Melendres Quiquia

Dedico este trabajo a mis padres por ser el apoyo fundamental que brindaron en todo mi vida, por darme toda la educación posible para salir adelante, y a las personas que me brindaron su apoyo en todo momento de mi vida.

Jesus H. Loayza Saboya

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad Cesar Vallejo que me dio la oportunidad de estudiar y ser en un futuro un profesional, también por lo maravillosos maestros, compañeros y en general todos quienes forman parte de la universidad que nos instruyeron para llegar a la meta como un INGENIERO CIVIL.

Kenner H. Melendres Quiquia

Agradecer a Dios por brindarme salud en todo este tiempo, a Villegas Martínez, Carlos por brindarnos el apoyo y conocimiento para la realización del proyecto de investigación y a los docentes de ingeniería civil por el conocimiento obtenido a lo largo de la carrera y a mi compañero Melendres Quiquia por brindarme el apoyo en todo el tiempo de la realización del proyecto

Jesus H. Loayza Saboya

Índice de Contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problema específico.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 HIPÓTESIS	4
1.4.1 Hipótesis general.....	4
1.4.3 Hipótesis específico	4
1.5 OBJETIVOS	4
1.5.1 Objetivo General	4
1.5.2 Objetivos Específicos	4
II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 ANTECEDENTES	5
2.2 TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA	10
2.2.1 Durabilidad	10
2.2.1.1 Factores que afectan a la durabilidad.....	10
2.2.1.2 Ataque químico al concreto	11
2.2.2 Ataque por sulfato al concreto.....	12
2.2.2.1 Ataque por sulfatos de origen interno	12
2.2.2.2 Ataque por sulfatos de origen externo	12
2.2.2.3. Principal ataque de sulfato al concreto	13
2.2.3 Concreto.....	14
2.2.3.1 Propiedades del concreto en estado fresco	14
2.2.3.2 Propiedades del concreto en estado endurecido	14
2.2.4 Diseño de mezcla de concreto	14
2.2.5 Vidrio	15
2.2.5.1 Vidrio en el concreto	15
2.2.5.3 Propiedades de estado endurecido del concreto con vidrio	17
III. METODOLOGÍA	21
3.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	21
3.1.1 Tipo de investigación.....	21
3.1. 3 Diseño de investigación	21
3.2 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	21
3.2.1 Variable independiente.....	21
3.2.1 Variable dependiente	21
3.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.....	23
3.3.1 Población	23

3.3.2 Muestra	23
3.3.3 Muestreo	24
3.3.4 Unidad de análisis	24
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	24
3.4.1 Técnicas.....	24
3.4.2 Instrumentos	25
3.5 PROCEDIMIENTOS.....	26
3.5.1 Descripción de procesos	26
3.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS	28
3.7 ASPECTOS ÉTICOS.....	28
IV. RESULTADOS	29
4.1 ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS.....	29
4.1.1 Ensayo de contenido de humedad	29
4.1.2 Peso unitario de los agregados	30
4.1.3 Peso específico y absorción del agregado.....	33
4.1.4 Análisis granulométrico de los agregados (fino y grueso) y vidrio triturado	35
4.2 DISEÑO DE MEZCLA.....	38
4.2.1 Resistencia promedio requerido (F'_{cr})	39
4.2.2 Selección de asentamiento	39
4.2.3 Contenido de aire	40
4.2.4 Contenido de agua	40
4.2.5 Relación agua / cemento.....	41
4.2.6 Cantidad del cemento	42
4.2.7 Contenido agregado grueso.....	42
4.2.7 Volumen absoluto.....	43
4.2.8 Peso del agregado fino	43
4.2.9 Diseño en estado seco.....	44
4.2.10 Corrección por contenido de humedad	44
4.2.11 Aporte de agua a la mezcla.....	44
4.2.12 Calculo de agua efectiva	44
4.2.13 Proporcionamiento de diseño.....	44
4.3. DISEÑOS DE MEZCLA EN RELACIÓN A PESOS	45
4.4 ENSAYO EN ESTADO FRESCO	47
4.4.1 Ensayo de asentamiento (Cono de Abrams).....	47
4.4.2 Ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco	48
4.4 ENSAYO EN ESTADO ENDURECIDO.....	49
4.4.1 Ensayo de peso del concreto en estado endurecido.....	49
4.4.2 Ensayo de resistencia a la compresión	51
4.4.2 Ensayo de durabilidad.....	53
4.5 PRUEBA T-STUDENT.....	55
V. DISCUSIÓN	71
VI. CONCLUSIONES.....	73
VII. RECOMENDACIONES.....	74
REFERENCIAS	75
ANEXOS	78

Índice de tablas

Tabla 01: Cuadro de exposición a sulfatos	13
Tabla 02: Propiedades físicas del agregado fino y el vidrio	16
Tabla 03: Datos de los antecedentes	17
Tabla 04: Diferencia de los resultados	19
Tabla 05: Operacionalización de variables.....	22
Tabla 06: Cantidad de muestras del ensayo	24
Tabla 07: Contenido de humedad del agregado fino.....	29
Tabla 08: Contenido de humedad del agregado grueso	30
Tabla 09: Contenido de humedad del vidrio triturado.....	30
Tabla 10: Peso unitario del agregado fino.....	31
Tabla 11: Peso unitario del agregado grueso.....	32
Tabla 12: Peso unitario del vidrio triturado	32
Tabla 13: Peso específico y absorción del agregado fino	33
Tabla 14: Peso específico y absorción del agregado grueso	34
Tabla 15: Peso específico y absorción del vidrio triturado	35
Tabla 16: Análisis granulométrico del agregado fino.....	35
Tabla 17: Análisis granulométrico del agregado grueso.....	36
Tabla 18: Análisis granulométrico del vidrio triturado	37
Tabla 19: Resumen de propiedades físicas de los agregados.....	38
Tabla 20: Propiedades del cemento y el agua	38
Tabla 21: Propiedades físicas de los agregados.....	39
Tabla 22: Resistencia promedio requerido (F'_{cr})	39
Tabla 23: Selección de asentamiento	40
Tabla 24: Contenido de aire atrapado	40
Tabla 25: Volumen unitario del agua.....	41
Tabla 26: Relación de W/C en función de F'_{cr}	41
Tabla 27: Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto.....	42
Tabla 28: Diseño de mezcla en relación a peso.....	45
Tabla 29: Proporciones de la mezcla del concreto patrón.....	46
Tabla 30: Proporciones de la mezcla del concreto con adición 20% de vidrio en reemplazo del agregado fino	46
Tabla 31: Proporciones de la mezcla del concreto con adición 40% de vidrio en reemplazo del agregado fino	47

Tabla 32: Asentamiento de slump	48
Tabla 33: Peso unitario del concreto en estado fresco.....	49
Tabla 34: Peso del concreto en estado endurecido	50
Tabla 35: Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días	51
Tabla 36: Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.....	52
Tabla 37: Ensayo de resistencia a la compresión a los 50 días.....	52
Tabla 38: Ensayo de resistencia al ataque de sulfato a los 7 días	53
Tabla 39: Ensayo de resistencia al ataque de sulfato a los 28 días.....	54
Tabla 40: Ensayo de resistencia al ataque de sulfato a los 50 días.....	54

Índice de figuras

Figura 01: Reaccion quimica del concreto	11
Figura 02. Deterioro por ataque de sulfato.....	12
Figura 03: Diagrama de flujo de diseño de mezcla de concreto.....	15
Figura 04: Obtención y triturado del vidrio.....	26
Figura 05: Agregados del concreto y vidrio triturado	26
Figura 06: Ensayos del concreto.....	27

Índice de gráficos

Gráfico 01: Resistencia a la compresión de artículos.....	18
Gráfico 02: Resistencia a los sulfatos de artículos.....	18
Gráfico 03: Resistencia a la compresión de tesis.....	19
Gráfico 04: Curva Granulométrica.....	36
Gráfico 05: Curva Granulométrica.....	37
Gráfico 06: Curva Granulométrica.....	38
Gráfico 07: Comprobación de hipótesis del 20% resistencia a la compresión, 7 días	58
Gráfico 08: Comprobación de hipótesis del 40% resistencia a la compresión, 7 días	59
Gráfico 09: Comprobación de hipótesis del 20% resistencia a la compresión, 28 días	60
Gráfico 10: Comprobación de hipótesis del 40% resistencia a la compresión, 28 días	61
Gráfico 11: Comprobación de hipótesis del 20% resistencia a la compresión, 50 días	63
Gráfico 12: Comprobación de hipótesis del 40% resistencia a la compresión, 50 días	63
Gráfico 13: Comprobación de hipótesis del 20% durabilidad del concreto frente a sulfato, 7 días.....	65
Gráfico 14: Comprobación de hipótesis del 40% durabilidad del concreto frente a sulfato, 7 días.....	66
Gráfico 15: Comprobación de hipótesis del 20% durabilidad del concreto frente a sulfato, 28 días.....	67
Gráfico 16: Comprobación de hipótesis del 40% durabilidad del concreto frente a sulfato, 28 días.....	68
Gráfico 17: Comprobación de hipótesis del 20% durabilidad del concreto frente a sulfato, 50 días.....	70
Gráfico 18: Comprobación de hipótesis del 40% durabilidad del concreto frente a sulfato, 50 días.....	70

Resumen

El presente proyecto de investigación titulado “Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020”, cuya finalidad es determinar la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto con la adición de vidrio reciclado en 20 % y 40% en reemplazo al agregado fino. El desarrollo del estudio de investigación es de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño pre experimental; las variables comprenden de variable independiente el vidrio reciclado y las variables dependientes son resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto; rige con una población de concreto con adición de vidrio y el tamaño de muestra es de 96 probetas cilíndricas distribuidas en 7, 28 y 50 días para conocer el comportamiento de la adición de vidrio en el concreto. Las técnicas de investigación son la observación y análisis de documentos y los instrumentos para la recolección de datos son los formatos estandarizados.

De los resultados del laboratorio del concreto incorporando vidrio triturado en 20% y 40% respecto al agregado fino; se determinó en cuanto al concreto en estado fresco que ha mayor adición de vidrio el concreto incrementaba el asentamiento del concreto y en cuanto al peso unitario tuvo pérdida mínima en cuanto al concreto patrón; respecto al concreto endurecido se determinó que la resistencia a la compresión del concreto patrón se obtuvo los siguientes resultados 220.72 kg/cm^2 , 297.42 kg/cm^2 y 318.83 kg/cm^2 y el mejor comportamiento fue la adición de vidrio en 20% obteniendo 215.96 kg/cm^2 , 297.17 kg/cm^2 y 317.19 kg/cm^2 en los 7, 28 y 50 días y en cuanto a la durabilidad del concreto frente a la exposición del sulfato de magnesio el concreto patrón se obtuvo 199.80 kg/cm^2 , 284.19 kg/cm^2 y 279.05 kg/cm^2 y en concreto con adición de vidrio en 20% se obtuvo 212.71 kg/cm^2 , 294.99 kg/cm^2 y 301.58 kg/cm^2 en 7, 28 y 50 días.

Se puede concluir que el mejor comportamiento de adición de vidrio fue en reemplazo al 20% del agregado fino el cual el concreto conservó su propiedad de resistencia a la compresión y mejoro la durabilidad del concreto.

Palabras clave: Vidrio reciclado, resistencia a la compresión y durabilidad.

Abstract

This research project entitled "Analysis of the compressive resistance and durability of the concrete $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ with the addition of recycled glass - Lima 2020", whose purpose is to determine the compressive resistance and durability of concrete with the addition of recycled glass in 20% and 40% in place of the fine aggregate. The development of the research study is of applied type, explanatory level and pre-experimental design; variables comprise independent variable recycled glass and dependent variables are resistance to concrete compression and durability; it rules with a concrete population with glass addition and the sample size is 96 cylindrical specimens spread over 7, 28 and 50 days to know the behavior of the addition of glass in the concrete. Research techniques are document observation and analysis, and data collection tools are standardized formats.

Of the results of the concrete laboratory incorporating crushed glass in 20% and 40% compared to the fine aggregate; it was determined as to the fresh concrete that has increased the addition of glass the concrete increased the settlement of the concrete and in terms of unit weight had minimal loss in terms of the specific pattern; with respect to hardened concrete it was determined that the compression resistance of the standard concrete was obtained the following results 220.72 kg/cm^2 , 297.42 kg/cm^2 and 318.83 kg/cm^2 and the best performance was the addition of glass in 20% obtaining 215.96 kg/cm^2 , 297.17 kg/cm^2 and 317.19 kg/cm^2 in the 7, 28 and 50 days and as regards the durability of the concrete against the exposure of magnesium sulfate the concrete pattern was obtained 199.80 kg/cm^2 , 284.19 kg/cm^2 and 279.05 kg/cm^2 and in particular with the addition of glass in 20% 212.71 kg/cm^2 , 294.99 kg/cm^2 and 301.58 kg/cm^2 were obtained in 7, 28 and 50 days.

It can be concluded that the best glass addition behavior was in place of 20% of the fine aggregate which the concrete retained its compression resistance property and improved the durability of the concrete.

Keywords: Recycled glass, compression resistance and durability.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

Uno de los materiales que ampliamente se utiliza en las construcciones de edificaciones, puentes, presas, canales, pistas, etc. A temprana edad de su vida útil el concreto se ha venido produciendo deterioros en la estructura del concreto, donde la durabilidad del concreto ha sido un tema que generó un impacto mundial en el sector de la ingeniería y una gran preocupación en los ingenieros civiles de construir obras no solo resistentes sino también de alta durabilidad, que ambas propiedades estén acompañadas en el diseño del concreto para que toda su vida útil conserve sus propiedades al que ha sido diseñado.

Los factores que afectan a la durabilidad son múltiples, en esta investigación nos enfocaremos en el factor de las acciones químicas, por lo que el mismo ser humano mediante la contaminación del medio ambiente crea agentes agresivos por medio de agua, aire y suelo, que en su mayoría se encuentran en concentraciones de agentes químicas. Una de los ataques químicos más dañinos al concreto es la acción de los sulfatos, que frecuentemente se concentran por medio de agua y suelo (como ejemplo el sulfato de sodio, calcio y magnesio) estas acciones químicas deterioran al concreto en un estado de hidratación del concreto y en el estado endurecido que afectan por la reacción del sulfato y los hidratos del cemento generando tensiones internas que se crean fisuramiento y con el tiempo se empieza a desintegrar producto de la pérdida de cohesión de la pasta del cemento, pérdida de adherencia entre la agregados y la pasta de cemento, y lo que hace que el concreto pierda su resistencia de comprensión por la desintegración del concreto que afecta a la durabilidad del concreto. Por todas esas problemáticas del concreto mi objetivo es buscar materiales que mejoran la calidad del concreto, por lo que justamente se busca no solo un concreto de alta resistencia a la comprensión sino también resistentes a los ataques químicos, para proveer alternativas que contribuyan en el diseño de concreto durable que sean capaces de lidiar durante su vida útil.

El vidrio es un material duro que trata miles de años en degradarse y es altamente resistente a la corrosión, dentro sus propiedades mecánicas son altamente

resistentes a la compresión y a la flexión por lo es favorable hacer un estudio adicionado este material reciclado, ya que es poco valorado en su uso de reciclaje.

Actualmente existe una gran preocupación en el medio ambiente por lo que se busca en diferentes ámbitos la preservación del ecosistema y minimizar la contaminación ambiental, para ello se requiere realizar un desarrollo sostenible.

“El Perú es uno de los países que se encuentra en un problema alarmante puesto que solo el 1.9 % de la población recicla los residuos sólidos dejando el 98.1 % de desecho como basura generando un impacto ambiental al medio ambiente que conlleva a una alta contaminación” (Ministerio del Ambiente, 2018).

“El residuo del vidrio representa el 3.2 % de la cantidad de los residuos sólidos en el ámbito de la municipal que se genera en el Perú” (Sonia y Víctor, 2018).

El vidrio triturado como parte del agregado fino podría utilizarse como parte de la mezcla del concreto, mezclándose con los componentes del concreto para que de esta manera obtener un mayor resistencia a la compresión de la estructura, menor nivel de absorción y mejorar la durabilidad ante agentes químicos, por lo que también reduciría el impacto ambiental al medio ambiente, haciendo que las grandes industrias del país produzca un concreto sostenible que también involucra a tres grandes aspectos fundamentales de las cuales es la economía, la sociedad y el medio ambiente.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será el comportamiento de la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado – Lima 2020?

1.2.2 Problema específico

¿Cuál será el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020?

¿Cuál será el comportamiento de la durabilidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado frente a la exposición del sulfato – Lima 2020?

1.3 Justificación

Se **justifica teóricamente** porque busca mediante ensayos normalizados analizar la durabilidad y resistencia del concreto con adición de vidrio reciclado, ya que este material reciclado posee propiedades físicas y mecánicas beneficiosas para el diseño de mezcla de concreto de alta durabilidad.

Según ACI 318(American Concrete Institute) Los agregados que cumplan con la norma AASTM (AASTM C33 y AASTM C330). Sin embargo, si los agregados demuestran a través de pruebas y experiencias que proporciona un concreto resistente y de durabilidad pueden ser usados como parte de la mezcla del concreto, solo si ha sido autorizado por la autoridad competente.
(2005, pág. 48)

Posee **justificación práctica** porque la importancia de esta investigación es fabricar un concreto amigable con el ambiente y obtener un concreto mejorado en la durabilidad y resistencia adicionando vidrio triturado como parte del agregado fino; ya que es un material poco valorado en uso de reciclaje. Teniendo el vidrio propiedades físicas y componentes químicos similares al agregado fino, es por ello que su uso traería un beneficio altamente productivo por la fabricación de un concreto durable; ya que también contribuirá a minimizar la contaminación ambiental y siendo beneficio para la población.

Además, se justifica desde un aspecto **social, económico y ambiental** con la construcción de un concreto con adición de vidrio se fabricará un concreto mejorado en su durabilidad, generará minimizar los costos en mantenimiento y reparaciones de obras de concreto a largo plazo, ayudará a la sociedad de la seguridad del uso de la estructura y trayendo un concreto ecológico minimizando la contaminación, siendo beneficio el uso del material en la mezcla de concreto de durabilidad y resistencia.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis general

La adición de vidrio reciclado afectará la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ - Lima 2020.

1.4.3 Hipótesis específico

La adición de vidrio reciclado disminuirá la resistencia a la compresión respecto al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ - Lima 2020.

La adición de vidrio reciclado mejora la durabilidad del concreto respecto al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ frente a la exposición del sulfato - Lima 2020.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Analizar la resistencia a la compresión y la durabilidad el concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado Lima – 2020.

1.5.2 Objetivos Específicos

Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de vidrio reciclado Lima – 2020.

Determinar la durabilidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de vidrio reciclado frente a la exposición del sulfato Lima – 2020.

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

El estudio se centró en la investigación de resistencia a los sulfatos del concreto que contiene diversos materiales de desecho sólido como polvo de vidrio residual, polvo de granja residual y las cenizas volantes. Se diseñaron diferentes mezclas de concreto con diferentes relaciones de W/C, que contenían varios desechos sólidos como reemplazo del cemento Portland por proporciones de 10%, 20% y 30% que fueron sumergidos en el 5% de sulfato de sodio en solución de un periodo de 22 meses. En conclusión, los resultados indican que independientemente del tipo y contenido de los materiales de desecho sólidos en reemplazo de cemento exhibe un gran impacto positivo en la resistencia al ataque del sulfato. Por lo tanto, el concreto amigable al ambiente que incorpora materiales de desecho sólidos no solo se promueve al reciclaje de desecho sólido, sino también de una concreta altamente resistencia al ataque de sulfato brindando que el concreto sea más durable (L. Tang, Z. Ke y Tam, 2019).

La durabilidad del concreto mediante el uso de desechos de vidrio de tubo de rayos catódicos como parte de agregado fino. Fue su objetivo principalmente medir la resistencia a la congelación y descongelación, resistencia a sulfato y resistencia a la penetración de cloruro adicionando vidrio en la mezcla de concreto. Los resultados de los ensayos fueron que a medida que aumentaba la proporción de vidrio, la resistencia a la congelación y descongelación, resistencia a sulfato y resistencia a la penetración de cloruro fueron mejores las que se adicionaron el vidrio en el concreto en diferencia al concreto patrón. Uno de los resultados favorables en cuanto al ataque del sulfato con adición de vidrio de 100% con una relación W/C= 0.45, obteniendo una resistencia a la compresión que logró llegar a un 102% subestimando a un concreto patrón con 95% en 56 días de inmersión al ataque del sulfato. Concluye que el concreto con sustitución con vidrio de desecho podría usarse en estructura como protector de loa agentes agresivos y conservar sus propiedades durante su vida útil (C. Kim, y Yang, 2018).

El uso de los materiales reciclables en el concreto como adición de vidrio de desecho molido ha sido ampliamente examinado con el objeto de mejorar la

resistencia y la durabilidad del concreto. Para ensayos de la durabilidad del concreto se han adicionado (0% - 30%) del agregado fino y grave y (0% - 30%) como reemplazo al cemento. Las muestras están sometidos a una solución de sulfato de magnesio y la durabilidad se examinó a través de un conjunto de parámetros que incluye las pruebas de la expansión, la variación de masa por desintegración y la resistencia de compresión de las muestras al ataque del sulfato de magnesio. Los resultados de las pruebas de la expansión y la absorción de agua expuestos en condiciones del ataque de sulfato disminuyeron con el uso de adición de vidrio en el concreto en 17% y 26% respectivamente en comparación al concreto normal. Los resultados de la resistencia a la compresión expuesta al ataque del sulfato ilustran el uso simultáneo de la adición como agregados finos y grueso, como también el del cemento, puede aumentar la durabilidad del concreto en sulfato de magnesio en términos del ensayo a compresión en 15% y 53%. Además, la incorporación de adición de vidrio como parte del agregado fino, grueso y cemento en el concreto no solo podría reducir en el impacto ambiental del concreto, sino también es un potencial de mejorar e incrementar la durabilidad del concreto reciclado si se usa un adecuado diseño (S. Mostofinejad, T. Farzaneh y Bahareh, 2020).

Las propiedades del concreto autocompactante se empleó como adición arena de vidrio de cristal, también al ser un material resistente a ácidos y álcalis da una mejor resistencia al concreto frente a ataques de sulfato, por lo tanto, realizaron muestras con diferentes porcentajes de arena de vidrio de cristal con 10%, 20% y 30%, donde los ensayos realizados muestran que con el aumento de reemplazo de vidrio el flujo de caída aumenta y alcanza a un máximo punto reemplazando vidrio. Las pruebas de ensayo de compresión y flexión de los concretos con agregados de vidrio disminuyan con un aumento del vidrio. El concreto que contenía como adición del 20% de vidrio resulto las propiedades de mayor resistencia. Con reemplazos de 10% - 30% de vidrio de desecho se midieron las velocidades y resistencias de pulso ultrasónico eran más altas las que contenían una adición de 30% de vidrio. Los valores más bajos eran las 0% posiblemente por los gramos del vidrio más pequeñas que pueden llenar los poros de la arena y reducir de esa manera los vacíos. Como resultado las velocidades de pulso ultrasónico como la resistencia

incrementaron con el aumento de adición de arena de vidrio en el concreto. La adición de vidrio incremento la durabilidad con la mayor adición de vidrio en el concreto (Wang y Huang, 2010).

El vidrio triturado como parte del concreto se centra en su rendimiento de la durabilidad, para ello se realización ensayos de resistencia a la carbonatación, absorción de agua por capilaridad e inmersión y penetración de cloruro y contracción. Las cuales se mezclaron el concreto que contenían 0%, 5%, 10% y 20% del agregado de vidrio como reemplazo al agregado natural (fino, grueso y por separado). Se encontró que el tamaño de las partículas afecta fuertemente en la trabajabilidad y como también en cuanto a densidad es más ligera en referencia al concreto normal. En general hubo una pérdida de resistencia a la comprensión a los 28 días de adición de vidrio superior al 20%. La incorporación de las mezclas simultáneamente como adición de agregado fina y gruesa funcionan mejor en términos de la absorción de agua por capilaridad, de igual en las mezclas de agregado fino y grueso en adición al 10%. Hay una mejora de los resultados en cuanto en resistencia a la carbonatación del concreto con agredo de vidrio a largo plazo en pruebas de 56 y 91 días. Se observó que en la mayoría de los casos no altera las propiedades del concreto en cuanto a la durabilidad (De Castro y De Brito, 2013).

El vidrio para la composición del concreto debido a que el vidrio es un material conocido como material resistente a los ácidos, por lo que lo implementaran en el concreto para así conseguir un concreto resistente a los ataque del sulfato para ello se utilizaron redes neuronales para predecir pérdida de masa y volumen, por lo cual se obtuvo resultados que el polvo de vidrio mejora la trabajabilidad del concertó y durabilidad, de acuerdo a las redes neuronales de obtuvo que mayor concentraciones polvo de vidrio tiene una mejor resistencia ante los sulfatos independientemente de su resistencia. También se encontró que agregar el mico sílice y polvo de vidrio fino mejora la durabilidad del concreto en exposición a ácido sulfúrico, debido a sus efectos que tiene con el cemento, la sustitución de ambos era capaz de mejorar la durabilidad de concreto (B. Hend, M. Mostofinejad y Rezayi, 2017).

El rendimiento del concreto de cemento Portland con arena de vidrio como reemplazo a la arena natural en su peso. Se han adicionado hasta un 50% de diferentes porcentajes del vidrio para ver el comportamiento del concreto en estado fresco, endurecido y en relación a la durabilidad, y se evaluado con un concreto de grado normal. Los resultados de la adición del desecho de vidrio mostraron que dentro sus propiedades físicas satisficieron los requisitos estándares a de un concreto normal. Mostraron que en concreto de estado fresco una baja de trabajabilidad del concreto aumentando la adición de vidrio superior al 20% en la mezcla permitiendo que el asentamiento este en el rango permitido de +/- 25 mm. Se descubrió dentro de las propiedades del concreto endurecido que comprende (la resistencia a la comprensión, resistencia a la flexión, contracción por secado y módulo de elasticidad) y durabilidad (reacción de sílice alcalina y absorción) mostraron un mejor desempeño en la adición de la materia reciclable de vidrio con 15% (Limbachiya, 2009).

El objetivo principal de la investigación es utilizar el vidrio como reemplazo parcial de la arena del concreto. Se llevaron varios ensayos para determinar las propiedades de los componentes del concreto, estado fresco y estado endurecido, que incluyen las características de la durabilidad del concreto para investigar los residuos reciclados de arena de vidrio en concreto reemplazando la arena de rio con 20% 40% y 60% de arena de vidrio reciclado. En conclusión, los resultados de la prueba mostraron una mejora en la resistencia a la comprensión adicionando el 20% de vidrio obtenido un resultado de 42 Mpa más de un concreto patrón. También el concreto con vidrio reciclado mostro una resistencia mejorada a la penetración de iones coluro con un porcentaje de 60% de reemplazo de la arena de rio y ha hecho que el hormigón sea más permeable. Además, la adición de vidrio redujo significativamente la expansión caudada por reacción de alcali-silice debido a la puzolana de reacción entre partículas más finas del vidrio y el álcali del cemento de hidratación. Los resultados obtenidos con la adición del vidrio reciclado puede ser una sustitución de la arena natural, por lo tanto, puede ser eficaz en la aplicación en las industrias del concreto favoreciendo un rendimiento alto (N. Tamanna, R. Tuladhar, y N. Sivakugan, 2020).

Se enfocan en emplear un material de residuo que es desechado para su uso como sustituto de agregado fino en varios niveles de porcentaje de (18%, 19%, 20%, 21%, 22%, 23% y 24%). Como objetivo es evaluar las propiedades frescas, endurecida y de durabilidad en términos de trabajabilidad, resistencia a compresión, resistencia a la flexión, densidad y absorción de agua. En conclusión, la presente investigación indica que la incorporación del desecho del vidrio ha llevado una mejora en la calidad de concreto de un 21% de sustitución de agregado fino. Este aumento también tuvo una baja porosidad del concreto que conlleva la mejora de la resistencia a la compresión hasta 46.5 N/mm² en un periodo de 90 días. Esto ha mejorado las propiedades mecánicas de tales mezclas de concreto. Se observa que la absorción de agua y la permeabilidad del agua se ven afectadas negativamente con el incremento de los residuos de vidrio en el concreto. Por lo tanto, se puede concluir que el 21% del agregado fino puede ser reemplazado por vidrio residual para fabricar concreto para ambientes no agresivos (Bisht y Ramana, 2018).

En el presente estudio se usó el vidrio como remplazo de arena en el mortero para lo cual se añadió diferentes tipos de proporciones como 0, 25, 50, 75 y 100, en estos porcentajes también se vio la coloración del vidrio como el marrón, verde, transparente, y de color mixto, en su estado fresco el color transparente obtuvo el menor slump y menor densidad, en su estado endurecido del mortero la mayor resistencia la obtuvo el vidrio verde con 25% de adición (55 Mpa), con respecto a la permeabilidad del cloruro la carga total aproximada entre la adición de vidrio y color la obtuvo el marrón con una adición del 25%, frente a la resistencia a sulfato la menor pérdida de masa la obtuvo el vidrio verde con el 25 %, lo que se concluyó es que dependiendo de la coloración y porcentaje de adición del vidrio influye en la resistencia, trabajabilidad y en su resistencia a sulfatos y permeabilidad de cloruro (K. Tan y H. Du, 2013).

En su tesis se enfocó en el análisis del incremento de resistencia de 210 kg/cm² con adición de vidrio en diferentes cantidades de porcentaje de 0%, 10%, 20%, 30% y 40% mediante el remplazo de agregado fino, el vidrio que uso es el de botellas, usa una relación de W/C de 0.58 para la dosificación de la mezcla, los resultados de los ensayos que obtuvo en su estado fresco del concreto se obtuvo un slump

entre el rango de 6.9cm - 7.4 cm, en su estado endurecido la mayor densidad la obtuvo el concreto con 10% de adición de vidrio y un incremento en la resistencia a medida que aumentaba el porcentaje de vidrio obteniéndose una resistencia de 234.76 kg/cm² (D. Peñafiel, 2016).

En su trabajo de tesis analiza el diseño de un concreto 210 kg/cm² con la adición de vidrio reciclado molido en adiciones en dos porcentajes diferentes de 2% y 3% para lo cual realizó ensayo de resistencia a compresión del concreto convencional y de los adicionados con vidrio molido, los resultados que obtuvo de este ensayo dio a conocer que el concreto con vidrio molido tenía mayor resistencia a medida que el porcentaje se incrementó obteniendo una mejora en el aumento de la resistencia del 20% con respecto al diseño de concreto 210 kg/cm² (J. Poma, 2019).

En su estudio de tesis evaluó la influencia del vidrio como parte del agregado fino en el concreto, donde realizó ensayo de resistencia a la compresión para diferentes resistencias como el 175kg/cm², 210 kg/cm² y 280 kg/cm², adicionándoles diferentes cantidades de vidrio 10%, 20% y 30%, los datos que recolecto pertenecía a los 7, 14 y 28 días, los cuales se compararon con un concreto patrón, obteniendo mejores resultado en la resistencia con la adición del 30% en los diferentes tipos de resistencia, el incremento se dio en una 13% en la resistencia de 175 kg/cm² y un 11% en las resistencias de 210 kg/cm² y 280 kg/cm² (L. Ochoa, 2018).

2.2 Teorías relacionadas al tema

2.2.1 Durabilidad

El termino de durabilidad del concreto es la capacidad de resistir durante su vida útil ante las acciones mecánicas, biológicas, físicas y químicas. La durabilidad del concreto es cuando el material conserva su dimensión y su forma frente a las acciones del medio ambiente en el que se pueda encontrar sometidos dicha estructura de concreto (Hernández Y Mendoza, 2006)

2.2.1.1 Factores que afectan a la durabilidad

Entre los factores más comunes que afectan o deterioran al concreto se debe al medio ambiente al que se encuentra la estructura por lo que hace que el concreto

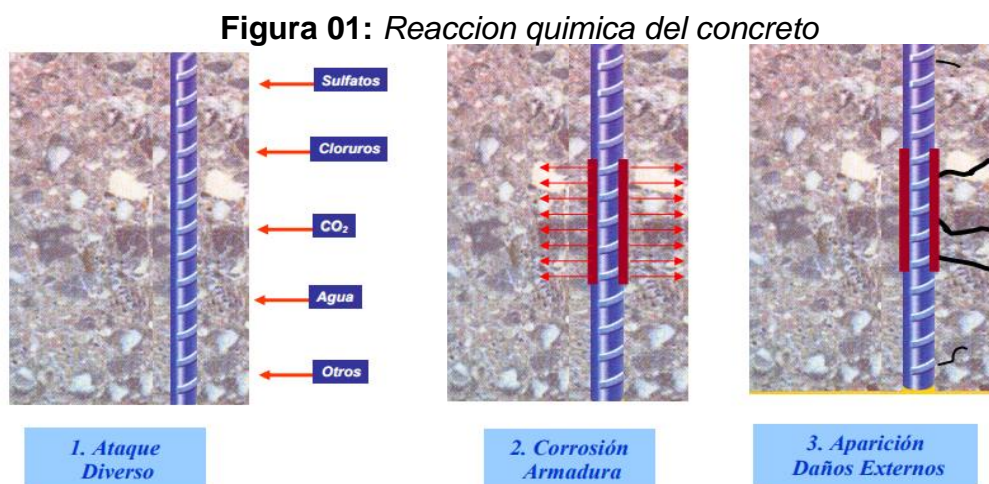
no llega a su vida útil, entre los factores que afectan tenemos Hielo y deshielo, ataques químicos, abrasión, corrosión de los metales y reacción álcalis sílice. (Trentin, 2020)

Para este caso, la investigación se centrará en el factor que afecta directamente en el concreto por ataque químico al concreto, principalmente causado por la solución de los sulfatos.

2.2.1.2 Ataque químico al concreto

El ataque químico al concreto se da en situaciones donde la estructura está expuesta a agentes agresivos por medio del suelo y agua que penetran por los poros del concreto creando una reacción química entre los agentes agresivos y los hidratos del cemento, produciendo que este genere esfuerzos internos que podrían crear fisuramiento y desprendimiento de la estructura, entre los ataques químicos se encuentran: La carbonatación, eflorescencias, ataques por cloruro, ataque por sulfatos, reacción Ácido- Álcali. (Garzón, 2013).

Para esta investigación nos centraremos en el ataque del sulfato para conocer las consecuencias que origina en el concreto, la reacción que genera el sulfato contra el concreto, ver Figura 01:



Fuente: Materiales en Instalaciones de Tratamiento y Conducción de Agua, 2016.

2.2.2 Ataque por sulfato al concreto

La estructura de concreto está expuesta a soluciones de sulfato mediante el agua que ella puede atacar al concreto, produciendo una reacción interna de tensión que puede generar fisuramiento y con el tiempo produce el deterioro de la estructura generando baja durabilidad del concreto, como se observa en la Figura 02.

Figura 02. *Deterioro por ataque de sulfato*



Fuente: Eeadic, 2013.

2.2.2.1 Ataque por sulfatos de origen interno

El ataque por sulfatos de origen interno es una reacción química entre sulfatos, que produce la oxidación del sulfato de hierro y los aluminatos la pasta del cemento Portland hidratada formando la etringita secundario. Esta formación de la etringita es un producto que se expande en el concreto, provocando cambio de dimensiones, agrietamiento en el concreto y mayores esfuerzos internos, provocando a la baja de la durabilidad del concreto. (Trentin, 2020)

2.2.2.2 Ataque por sulfatos de origen externo

El ataque por ataque de sulfato externo, implica los corrientes de iones de sulfato que penetran a través de los poros en diferentes dispositivos de transporte y en la interacción de la solución de los sulfatos que reaccionan con algunos compuestos de la pasta de cemento. El resultado de las reacciones es la formación de un compuesto expansivo de la etringita y el yeso, en el concreto se produce grietas y pierde la resistencia del concreto. (Trentin, 2020)

2.2.2.3. Principal ataque de sulfato al concreto

El sulfato más dañino al concreto es el sulfato de magnesio, que por medio de una solución penetra al concreto formando inicialmente el yeso que produce que la pasta del cemento reduzca el PH. A pasar de los años el concreto se forma en una masa pastosa no cohesiva debido a las reacciones producidas por el sulfato de magnesio creando fisuras, expansiones, pérdida de rigidez y resistencia (Trentin, 2020).

El sulfato de magnesio es aquel que origina altas consecuencias de daño o deterioro en el concreto, que reaccionan sobre la pasta del cemento, como son los silicatos de calcio. Mediante series de acciones cambian el PH de la pasta (Garzón, 2013).

Según el reglamento nacional de edificaciones existen categorías de exposición a sulfato de manera que está clasificado de insignificante hasta muy severa donde la variación de cada categoría se mantiene en un rango determinado expresado en relación al porcentaje en peso o por partes por millón (ppm), como se puede observar en la tabla 01:

Tabla 01: Cuadro de exposición a sulfatos

Exposición a sulfatas	Sulfato soluble en agua (SO ₄) presente en el suelo, porcentaje en peso	Sulfato (SO ₄) en el agua, ppm	Tipo de Cemento	Relación máxima agua - material cementante (en peso) para concretos de peso normal*	f'c mínimo (MPa) para concreto s de peso normal y ligero
Insignificante	$0,0 \leq S_{O_4} < 0,1$	$0 \leq S_{O_4} < 150$	—	—	—
Moderada	$0,1 \leq S_{O_4} < 0,2$	$150 \leq S_{O_4} < 1500$	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0,50	28
Severa	$0,2 \leq S_{O_4} < 2,0$	$1500 \leq S_{O_4} < 10000$	V	0,45	31
Muy severa	$2,0 < S_{O_4}$	$10000 < S_{O_4}$	Tipo V más puzolana	0,45	31

Fuente: RNE E.060,2016.

2.2.3 Concreto

Es un material conformado por la combinación del cemento, agregados finos, gruesos, agua y adiciones o aditivos que requieren en algunas veces para dar una mejora en las propiedades en estado fresco y en estado endurecido para proporcionar un concreto de calidad.

2.2.3.1 Propiedades del concreto en estado fresco

El concreto cuando se encuentra en estado fresco se debe considerar mayor control en el llevado de la probeta en los cilindros o en la fuente de la estructura a ser llenado y también lograr conseguir que el concreto se homogéneo si tener dentro atrapado vacíos o aire atrapado (Apaza, 2018).

2.2.3.2 Propiedades del concreto en estado endurecido

Después que la mezcla del concreto se haya vaciado, el concreto pasa a un proceso de hidratación; que con el paso de los días del curado al concreto este material va adquiriendo dureza hasta llegar a un punto. (Quispe y Zarate, 2020)

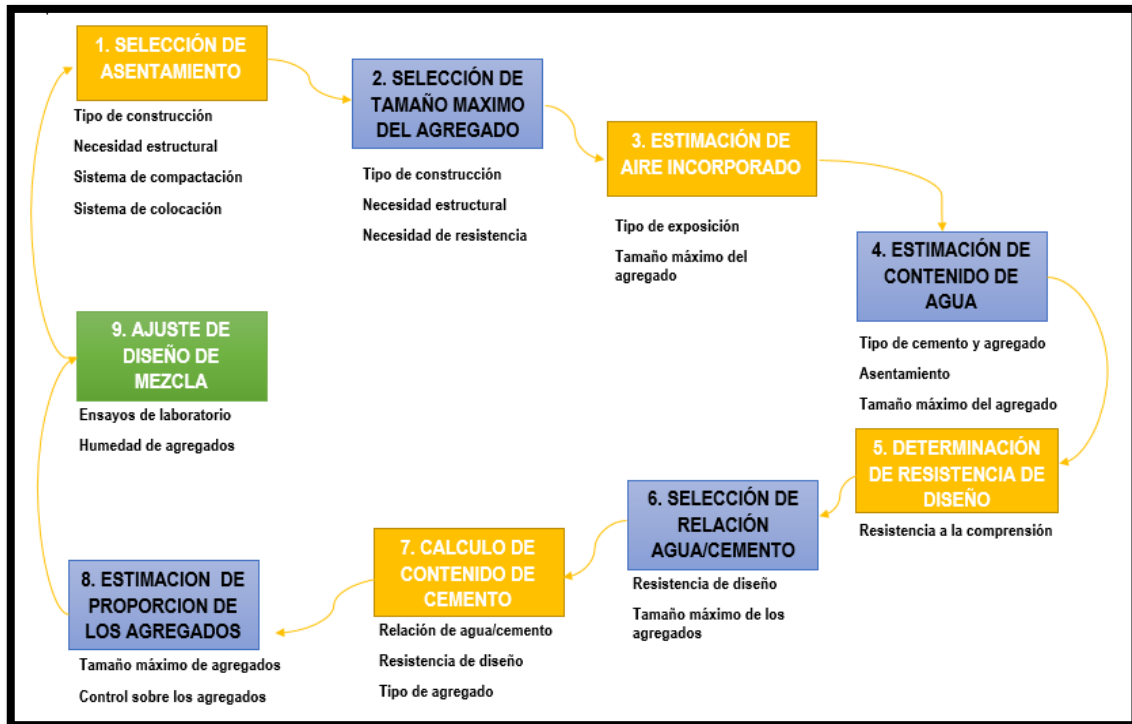
2.2.4 Diseño de mezcla de concreto

El diseño de mezcla como su mismo nombre lo indica es el diseño que se realiza para la elaboración de un concreto dependiendo de las necesidades que se requieran ya sea de un material altamente resistencia o de una de baja resistencia según las condiciones al que va hacer usado.

Una mezcla de concreto se debe tomar en consideración el diseño para el uso en estado fresco y endurecido, para lo cual se debe tomar la adecuada cantidad de los materiales a mezclar para proporcionar en el concreto una trabajabilidad, resistencia, durabilidad y economía.

Procedimiento de diseño de mezcla se presenta en el siguiente diagrama de flujo de la Figura 03:

Figura 03: Diagrama de flujo de diseño de mezcla de concreto



Fuente: Elaboración propia, 2020.

El diseño de mezcla de concreto debe realizarse a base de la metodología ACI, el cual se basa en los criterios de la norma que debe realizarse bajo un procedimiento adecuado para obtener mayor control mayor en los proporcionamiento de los material a utilizar según la resistencia del diseño, por lo cual se debe antes realizar control en las propiedades de los agregado para no tener inconveniencia en los resultados de la resistencia del diseño de concreto.

2.2.5 Vidrio

El vidrio es un residuo que trata de miles de años en degradarse, dentro de sus composiciones esta la arena de sosa, oxido de magnesio cal y oxido de aluminio, posee una gran resistencia a la corrosión por lo de su implemento en los laboratorios como contendor de diferentes sustancias químicas, dentro de sus propiedades mecánicas posee una alta resistencia. (Dávila y Edgar, 2012).

2.2.5.1 Vidrio en el concreto

El vidrio como material reciclado le da un nuevo contexto al concreto ya que se le daría el nombre de concreto ecológico, puesto que se usa como un material

reciclado para su producción, y mitigar la contaminación por el producto de este material, dado que no solo es un beneficio para el medio ambiente si no que debido a sus propiedades este posee características que harán que las propiedades del concreto mejoren.

2.2.5.1.1 Vidrio como agregado fino

La incorporación del vidrio como agregado fino en cantidades de 0% a 30% se encontró a través de la prueba del flujo de asentamiento disminuyó al incrementar el vidrio y también disminuyó a la resistencia a la compresión puesto a que era un concreto más denso. Las partículas más finas del vidrio crean un concreto denso, que logra que el concreto sea menos permeable y más resistente a ataque de sulfatos y cloruros (Wang y Huang, 2010).

La incorporación del vidrio en reemplazo como agregado fino en 0% al 80%. Se encuentra que el aumento de la resistencia a compresión está por debajo del 20% de reemplazo y en cuanto a la durabilidad tiende a mejorar con el reemplazo superior al 20%, en resistencia al ataque del sulfato y tiene una baja penetración de ion de cloruro por lo que favorece a la durabilidad del concreto (Wang, 2009)

2.2.5.1.2 Propiedades físicas del vidrio y el agregado fino

El vidrio posee propiedades físicas bajas en relación con el agregado fino, sin embargo, a diferencia es mínima en cuanto a la densidad. Por otro lado, la absorción de agua lleva a resultados cercanos a cero lo que se obtiene una diferencia con el agregado fino como se visualiza en la Tabla 02:

Tabla 02: *Propiedades físicas del agregado fino y el vidrio*

Propiedades físicas	Unidad	Arena	Vidrio
Densidad de partículas secado al horno	gr/cm ³	2.579	2.511
Densidad de partículas secado en la superficie saturada	gr/cm ³	2.582	2.512
Absorción de agua	%	0.1	0.03
Densidad aparente	gr/cm ³	1.5	1.36

Fuente: De Castro y De Brito, 2012.

2.2.5.3 Propiedades de estado endurecido del concreto con vidrio

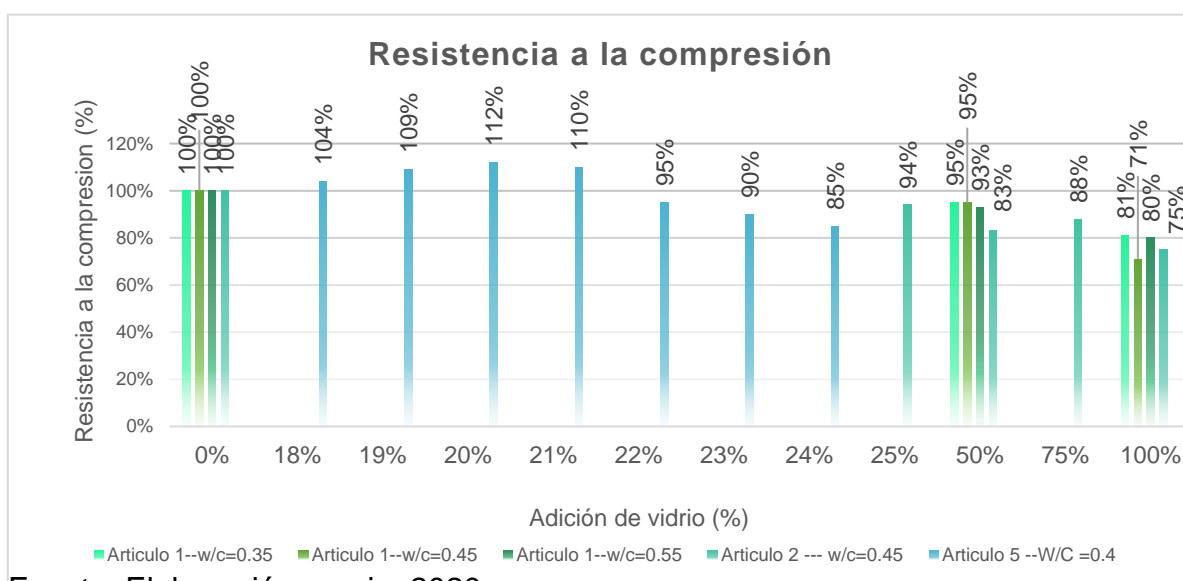
En diferentes estudios de investigación han buscado un concreto que posea propiedades que lo beneficien y que sea amigable con el medio ambiente, por lo que se centraron en materiales reciclados, donde uno de los materiales que investigaron fue la implementación del vidrio, debido a que sus propiedades traerían beneficios al concreto en su durabilidad, ver Tabla 03 y Gráfica 01:

Tabla 03: Datos de los antecedentes

N°	Nombre	Tipo	Autor	Año	Lugar
1	Evaluación de la durabilidad del vidrio de desecho pesado sustituido de concreto como agregado lino.	Articulo	Kim, IS. Choi. SY y Yang	2018	República de corea
2	Uso de residuos de vidrio como arena en el mortero: Parte 1 - Propiedades frescas, mecánicas y de durabilidad.	Articulo	Tan KH. y Du. H.	2013	Singapur
3	Evaluación de la durabilidad del concreto hecho con agregados de vidrio triturado.	Articulo	Sara de Castro. Jorge de Brito	2013	Portugal
4	Ingeniería a granel y propiedades de durabilidad del hormigón de arena de vidrio lavado.	Articulo	Mukesh C. Limbachiya	2009	Reino unido
5	Producción sostenible de concreto que contiene vidrio de bebida desechado como agregado fino.	Articulo	Kunal Bisht IT, P.V. Ramana	2018	India
6	Evaluación de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para diseño de mezcla de concreto en pavimentos urbanos.	Tesis	Ochoa Tapia Luis Miguel	2018	Perú
7	Análisis y diseño para la elaboración de concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la norma ACI 211. lima 2019.	Tesis	Julio Alberto Poma Arriza	2019	Perú
8	Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al empleando vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino.	Tesis	Daniela Alejandra Peñafiel Carrillo	2016	Ecuador

Fuente: Elaboración propia, 2020.

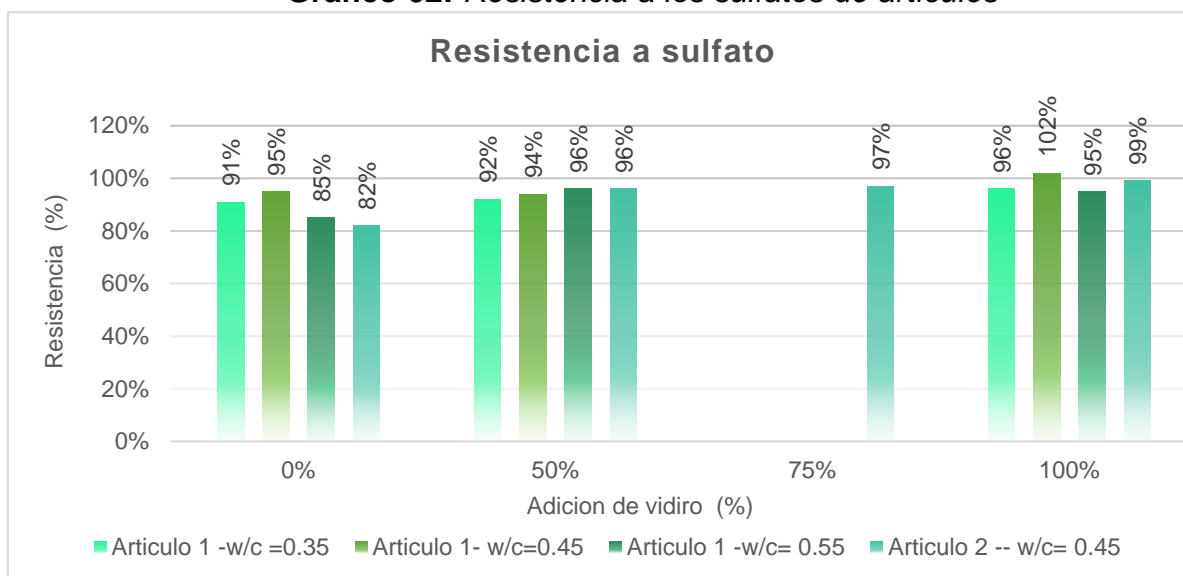
Gráfico 01: Resistencia a la compresión de artículos



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Según los resultados de los artículos científicos con respecto a la resistencia a la compresión la adición de vidrio como parte del agregado fina le da una mayor resistencia mayor con una cantidad de adición del 20% y 21%, donde al sobrepasar esa cantidad, el vidrio le da un efecto negativo con lo respecta a la resistencia, como se observa en el Gráfico 02:

Gráfico 02: Resistencia a los sulfatos de artículos

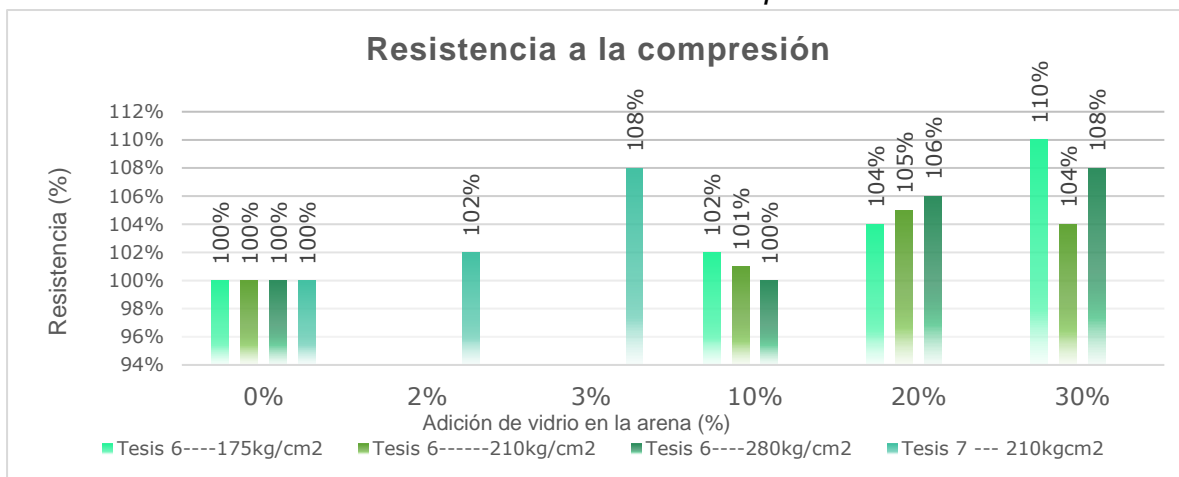


Fuente: Elaboración propia, 2020.

Los datos plasmados en la gráfica son productos de la recolección de los resultados de los artículos científicos, donde se observa que los concretos con adición de vidrio

poseen una mejor resistencia a los sulfatos, sin embargo, no solo la adición es buena para los ataques de sulfato, ya que en los demás artículos presentaron resultados excelentes para diversas pruebas de durabilidad como los de ataque de ácidos, baja reacción a álcalis sílice, carbonatación, hielo y deshielo, por lo que la adición de vidrio posee un potencial grande para la propiedad de durabilidad, como se aprecia en el Gráfico 03:

Gráfico 03: Resistencia a la compresión de tesis



Fuente: Elaboración propia, 2020.

En los trabajos de investigaciones los autores se centraron en analizar una de las propiedades del concreto la cual consistía en la resistencia a la compresión, los datos del gráfico se obtuvieron de los resultados que indican que la relación que existe en el incremento de la adición del vidrio es directamente proporcional a la resistencia a la compresión, mostrada en la Tabla 04:

Tabla 04: Diferencia de los resultados

Artículos científicos	Tesis
La adición del vidrio en el concreto obtiene su mayor resistencia a los 20% de adición de vidrio.	La mejora de la resistencia se presenta a partir de las primeras adiciones de vidrio.
Su resistencia disminuía al sobrepasar el 20% de adición.	La adición de vidrio con un porcentaje de 30% posee la mayor resistencia con respecto a las demás adiciones.
La durabilidad expuesta a diversos agentes agresivos aumenta a medida que la adición de vidrio se incrementa.	-

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Comparando ambos resultados se observa una diferencia de los resultados los que implica una contradicción con respecto a la resistencia, el motivo puede deberse a que los resultados de las tesis pueda que no obtuvieron un mayor control, ya que los para la realización de artículos científicos el control de los resultados en mayor, sin embargo, esto también pueda ser influenciado por los materiales del lugar, cual sea la respuesta en ambos tipos de documentos coinciden en un porcentaje que es el del 20% de adición dando un mayor incremento de la resistencia en comparación con el concreto convencional.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo, nivel y diseño de investigación

3.1.1 Tipo de investigación

Para el trabajo de investigación corresponde a una investigación aplicada, cuyo propósito es aplicar las teorías en la práctica para dar solución a los problemas existentes de manera que beneficia a la sociedad al plantear la adición de vidrio en el concreto en las propiedades de resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto.

3.1.2 Nivel de investigación

El presente estudio corresponde a una investigación explicativa porque su propósito es dar a conocer el comportamiento de la variable independiente sobre la variable dependiente, ya que está dado en relación de causa y efecto y por criterio de causalidad requiere una estadística para su debida comparación de un concreto patrón y un concreto con adición de vidrio reciclado en las propiedades de resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto.

3.1.3 Diseño de investigación

La investigación corresponde a un diseño pre experimental porque posee un grado de control mínimo con respecto a la cantidad de las muestras. Donde su propósito es administrar un estímulo al objeto de estudio para luego proceder a determinar en qué grado se encuentra la variable dependiente (Manuel Borja, 2012).

Para esta investigación se medirá un posttest de la variable dependiente aplicando el tratamiento al grupo experimental en relación a la propiedades de resistencia a la compresión y durabilidad del concreto.

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1 Variable independiente

- Adición de vidrio reciclado

3.2.1 Variable dependiente

- Resistencia a la compresión
- Durabilidad del concreto

Tabla 05: Operacionalización de variables

VARIABLE DE ESTUDIO	CONCEPTO	CONCEPTO OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	
VARIABLE INDEPENDIENTE Adición de vidrio reciclado	El vidrio es un material frágil y de alta dureza que está compuesto por principalmente por sílice, lo cual se produce por una alta fusión, lo cual al ser enfriado resulta en un estado rígido sin que se produzca una cristalización, es un material debido a que su propiedad beneficiaría al concreto, ya que es resistente a la corrosión una gran resistencia a la compresión y es un material impermeable. (ASTM, 2006, pág. 100)	El vidrio triturado es uno de los agregados que comprende en la similitud de las propiedades del agregado fino, para esta investigación se adicionará en diferentes cantidades de porcentaje como parte del agregado fino en el diseño del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$, primero se deberá realizar ensayos de las propiedades físicas del vidrio, como la granulometría, contenido de absorción y densidad cumpliendo con la norma técnica peruana.	Propiedades físicas	Módulo de fineza	Adimensional
				Contenido de humedad	%
				Contenido de absorción	%
				Peso específico	kg/cm^3
			Cantidad	Peso unitario suelto/Varillado	kg/cm^3
				0% de reemplazo agregado fino	%
20% de reemplazo agregado fino	%				
40% de reemplazo agregado fino					
VARIABLE DEPENDIENTE: Resistencia a la compresión	Tiene la capacidad de resistir directamente a los esfuerzos de compresión, en las pruebas de flexión y tracción tiene mejor capacidad de resistir, debido a eso nace el concreto armado, el acero como parte del concreto armado propicia la mejor resistencia a las acciones de flexión y tracción, lo que trabaja con el concreto para darle mejor comportamiento frente a las acciones de los esfuerzos. La resistencia está directamente vinculada con la relación de W/C. (Sotil y Zegarra, 2020, pág. 24)	Se realiza un diseño de concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ vs un concreto con adición de vidrio en diferentes porcentajes como parte del agregado fino para comparar ambas mezclas de concreto a ensayo de resistencia a compresión en diferentes edades de curado siguiendo los procedimientos estandarizados de la norma técnica peruana.	Componentes del concreto	Módulo de fineza	Adimensional
				Contenido de humedad	%
				Contenido de absorción	%
				Peso específico	kg/cm^3
			Diseño de mezcla	Peso unitario suelto/ varillado	kg/cm^3
				Dosificación	Proporción
			Estado fresco	Asentamiento Slump	pulg
				Peso unitario	kg/m^3
			Estado endurecido	Tiempo de curado	días
				Resistencia a la compresión	kg/cm^2
VARIABLE DEPENDIENTE Durabilidad del concreto	La durabilidad del concreto tiene la capacidad de resistir acciones de interperismo, ataques químicos y biológicos, la abrasión y otras acciones de condición de servicio a las estructuras, que producen deterioro al hormigón. Durabilidad no solo es un concepto absoluto que dependerá del diseño de mezcla, sino esta en función del ambiente y en condiciones en el control del concreto. (ACI, 2015, p.57)	Se realiza un diseño de concreto patrón $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ vs un concreto con adición de vidrio en diferentes porcentajes como parte del agregado fino para comparar ambas mezclas de concreto sometidos a la exposición del sulfato en diferentes tiempos de exposición, siguiendo los procedimientos estándares de la norma se realizan ensayos en estado endurecido para medir la capacidad resistencia por sulfato.	Resistencia por sulfato	Concentración de sulfato de magnesio	ppm
				Tiempo de exposición	días
				Ensayo a compresión	kg/cm^2

Fuente: Elaborado por el investigador, 2020.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

“La población es el total del objeto a investigar, donde los participantes de la población tienen una particularidad común, por el cual se realiza un estudio para dar origen de la obtención de los datos“ (Tamayo, 1995).

La población de la investigación es indeterminada o desconocida puesto que el objetivo es investigar las características y propiedades del concreto con adición de vidrio reciclado.

3.3.2 Muestra

A partir del tamaño de la población se procede a determinar la muestra cuando es imposible medir cada uno de los objetos de la población, la muestra es una fracción de la totalidad de la población que nos permite generalizar para dar representatividad sobre los objetos de estudio. Su propósito es lograr obtener datos representativos de la población. (M. Tamayo, 1995).

La muestra que se consideró para el proyecto de investigación se rigió bajo la NTP 399.611. Para el proyecto de investigación se elaboraron 4 probetas como mínimo en cuanto a los 7 y 28 días para conocer el comportamiento de la adición de vidrio reciclado en 20% y 40% como parte del agregado fino, a los 28 días se consideró 10 probetas para los diseños nuevos de concreto para conocer profundamente el comportamiento en cuanto a las propiedades de resistencia a la compresión y durabilidad del concreto; siendo 48 probetas para cada propiedad del concreto y un total de 96 probetas a estudiar, de las cuales se puede ver cómo está distribuida en la siguiente tabla 06:

Tabla 06: Cantidad de muestras del ensayo

Ensayo de durabilidad del concreto			Ensayo de resistencia a compresión			
Edad de ensayo	Porcentaje de reemplazo de la arena por vidrio			Porcentaje de reemplazo de la arena por vidrio		
	0%	20%	40%	0%	20%	40%
7 días	4	4	4	4	4	4
28 días	4	4	4	4	4	4
50 días	4	10	10	4	10	10
Sub total	48			48		
Total	96					

Fuente: Elaboración propia, 2020.

3.3.3 Muestreo

El muestreo es no probabilístico debido a que no depende de la probabilidad sino más todo a la accesibilidad o juicio del investigador; de tipo intencional porque la selección de los elementos de la muestra está basada por el criterio del investigador procurando que estas posean una representatividad de la población. (Borjas, 2015, p.32).

3.3.4 Unidad de análisis

Las probetas de concreto patrón y con adición de vidrio es el objeto de estudio el cual será la unidad de análisis para esta investigación, ya que a estos objetos de estudio se realizarán las pruebas mecánicas para la recolección de datos.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1 Técnicas

- **Observación**

Es una técnica fundamental para lograr obtener datos de las pruebas planteadas en el estudio, la cual se basa en registrar y seleccionar los resultados en los formatos estandarizados de manera directa y confiable

- **Análisis de documentos**

Se basa en la obtención de la información de distintos fuentes bibliográficas científicas que aporten a la investigación sobre las características y propiedades de nuestra variable independiente.

3.4.2 Instrumentos

- **Formatos**

Son fuentes de carácter normativas para la recolección de datos de las pruebas que se realizaran a los objetos de estudios en cual se plasmaran en formatos normados la cuales estos formatos de toma de datos se basaran en los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico (Norma ASTM C33-87).
- Determinación del contenido de humedad (N.T.P 339.127).
- Absorción y peso específico de los agregados (Norma ASSTM C-127- 128).
- Peso unitario de los agregados (ASTM C-29).
- Diseño de mezcla (Método ACI -211).
- Método para la medición del asentamiento (NTP-339.035- 1998).
- Peso unitario del concreto (ASTM –C318).
- Ensayo de resistencia de compresión (ASTM C-39).

3.5 Procedimientos

3.5.1 Descripción de procesos

I ETAPA: Toma de muestra

Para la obtención de material de experimentación se va realizar el proceso de recolección de botellas de vidrio empezando por nuestros hogares y posteriormente la búsqueda de materiales desechados en las calles y en los botaderos.

Posteriormente obtenido el material de la muestra del vidrio se procederá a realizar el triturado para llegar a obtener partículas como el agregado fino, como se muestra en la Figura 04:

Figura 04: *Obtención y triturado del vidrio*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

II ETAPA: Proceso de muestra

Durante el proceso de muestra los agregados que componen al concreto y el material del vidrio triturado se procederán a realizar las pruebas de las características físicas bajo el procedimiento de las normativas que rigen para obtener resultados confiables, ver Figura 05:

Figura 05: *Agregados del concreto y vidrio triturado*



Fuente: elaboración propia, 2020.

Posteriormente se ejecuta el diseño de mezcla aplicando la metodología del ACI-211. Esta basado en la obtención del proporcionamiento de la cantidad de materiales según la resistencia de diseño

Para el estudio se realizará el diseño de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ el cual se realizara tres diseños de concreto aplicando la adición vidrio reciclado en 20% y 40% en reemplazo al agregado fino.

III ETAPA: Ensayo de muestra

Para esta fase se deberá tener en cuenta los formatos estandarizados para la recolección de datos al realizar pruebas en un estado fresco y un estado endurecido del concreto para ver el comportamiento de un grupo experimental en referencia a un grupo control, de las propiedades frescas del concreto (Slump y peso unitario) y posteriormente las propiedades endurecidas (Resistencia a la compresión y la durabilidad). Ver Figura 06.

Figura 06: *Ensayos del concreto*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

IV ETAPA: Resultados

Posteriormente realizado los ensayos se procederá a recolectar los datos o valores para realizar un análisis del grupo control y del grupo experimental mediante la aplicación del programa Microsoft Excel, de manera que podamos comprobar la hipótesis planteada.

Finalmente concluimos con la investigación.

3.6 Método de análisis de datos

Para el proyecto de investigación en el proceso de obtención de datos se utilizarán formatos estandarizados respecto a la NTP, ASTM y ACI, con el propósito de registrar los valores de las pruebas realizados en el laboratorio; se utilizará el programa Microsoft Excel para facilitar con la información de comprobar y probar las hipótesis planteadas, la estadística se dará de forma explicativa en presentación de comparación de cuadros, organizaciones y gráficas.

3.7 Aspectos éticos

- Las fuentes obtenidas de para el proyecto de investigación proviene de fuentes confiables
- Las citas que aparecen en el proyecto de investigación pertenecen a libros, artículos científicos y tesis, citados con sus respectivos nombres
- El presente trabajo presenta agregados naturales y material reciclado para mitigar la contaminación del medio ambiente.
- Este ensayo se realizará de manera profesional cuidando la integridad de los resultados.

IV. RESULTADOS

Con la finalidad de conseguir el objetivo general de nuestra investigación y conocer el comportamiento del vidrio reciclado en el concreto en las propiedades de resistencia a la compresión y la durabilidad. Se realizó estudios en el laboratorio para la recolección de los datos y poder de esta lograr con nuestros objetivos planteados.

Los resultados se muestran en un orden como se plantearon los objetivos específicos de la investigación.

4.1 Análisis de las propiedades físicas de los agregados

4.1.1 Ensayo de contenido de humedad

Para el ensayo del contenido de humedad de los agregados y del vidrio triturado se tomaron 2 muestras para obtener un valor aproximado del contenido de humedad en porcentaje, tanto como el agregado fino y agregado grueso que fueron extraídos de la cantera Trapiche, también se realizó del vidrio triturado.

Se procedieron a pesar los recipientes y con su respectivo código, donde en ellos se llenaron una cantidad de muestra para proceder a pesar, siguiendo el procedimiento de la norma ASTM D2216 / NTP 339.127.

La muestra pesada se colocó en un horno a una temperatura a $105\text{ C}^{\circ} \pm 5\text{ C}^{\circ}$ en tiempo de 18 a 24 horas, donde permitió obtener el resultado de la muestra secada, como se muestra en las Tablas 07, 08, 09:

Tabla 07: *Contenido de humedad del agregado fino*

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216 / NTP 339.127 (%)			
Tarro N°	1	3	PROMEDIO
Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	750.5	787.5	-
Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	748.7	780.9	-
Peso de la tara (gr)	250.5	285.7	-
Peso del agua (gr)	6.8	6.6	-
Peso de suelo seco (gr)	493.2	495.2	1.4
Contenido de humedad (%)	1.4	1.3	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Como se observa en la Tabla 07 se obtuvo como resultado el contenido de humedad es el 1.4 % cuyo dato indica que cantidad de agua contiene el agregado fino en el medio ambiente.

Tabla 08: *Contenido de humedad del agregado grueso*

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216 / NTP 339.127 (%)			
Tarro N°	1	3	PROMEDIO
Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	6,784.40	7,000.00	-
Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	6,765.00	6,980.00	-
Peso del tarro (gr)	300	300	-
Peso del agua (gr)	19.4	20	-
Peso de suelo seco (gr)	6,465.00	6,680.00	-
Contenido de humedad (%)	0.3	0.3	0.3

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la Tabla 08 se muestra el resultado que se obtuvo del ensayo del contenido de humedad cuyo resultado es de 0.3 % donde se tendrá qué cantidad de agua posee el agregado con respecto a su peso húmedo.

Tabla 09: *Contenido de humedad del vidrio triturado*

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216 / NTP 339.127 (%)			
Tarro N°	1	3	PROMEDIO
Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	1,000.00	1,000.00	-
Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	1,000.00	1,000.00	-
Peso de la tara (gr)	300	300	-
Peso del agua (gr)	0	0	-
Peso de suelo seco (gr)	700	700	0
Contenido de humedad (%)	0	0	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Como se observa en la Tabla 09 el vidrio es uno de los materiales que no posee contenido de humedad debido a que su resultado es del 0%.

4.1.2 Peso unitario de los agregados

Peso unitario del agregado fino

Par realizar el ensayo de peso unitario se procedió a calcular el volumen del molde para luego colocar la muestra del agregado fino, se realizó el ensayo de peso unitario suelto de la muestra sin apisonarlo, luego se enrasó con una regla al ras del molde, para luego pesarlo. Para realizar el peso unitario compactado se procedió a realizar el cálculo volumétrico del molde y a vaciar la muestra

apisonándolo 25 veces por cada capa lo cual son 3, para obtener los siguientes datos en la Tabla 10:

Tabla 10: Peso unitario del agregado fino

MUESTRA		PESO UNITARIO SUELTO		PESO UNITARIO COMPACTADO		
		1	2	1	2	3
A	Peso Material + Molde	7458	7410	8187	8269	8260
B	Peso Molde	2927	2927	2927	2927	2927
C	Peso de Material	4531	4483	5260	5342	5333
D	Volumen del Molde	3217	3217	3217	3217	3217
E	Peso Unitario	1408	1394	1635	1661	1658
PROMEDIO PUS		1401				
PROMEDIO PUC		1651				

Fuente: Elaboración propia, 2020.

De la Tabla 10 se muestra el resultado del peso unitario del agregado fino lo cual cumple con la norma debido a que se encuentra en el rango de 1400 kg/m³ a 1600 kg/m³ del peso unitario suelto y de 1500 kg/m³ a 1700 kg/m³ peso unitario compactado como lo indica en la NTP 400.017.

Peso unitario del agregado grueso

para poder determinar su peso unitario suelto y compactado del agregado grueso se procede a realizar el cálculo del volumen del molde diferente al que se usa del agregado fino, para realizar el ensayo del peso unitario suelto del agregado grueso se realiza vaciando el agregado en el molde sin apisonarlo, luego se procede a pesarlo. Para el ensayo del peso unitario compactado se realizar el vaciado del agregado en el molde en 3 capas de 25 golpes por cada capa y posteriormente se pesa en la balanza electrónica, para obtener los siguientes datos de la Tabla 11:

Tabla 11: Peso unitario del agregado grueso

MUESTRA		PESO UNITARIO SUELTO		PESO UNITARIO COMPACTADO		
		1	2	1	2	3
A	Peso Material + Molde	30750,0	30750,0	32400,0	32450,0	33300,0
B	Peso Molde	7523,0	7523	7523	7523	7523
C	Peso de Material	23227	23227	24877	24927	25777
D	Volumen del Molde	14729,9	14729,9	14729,9	14729,9	14729,9
E	Peso Unitario	1577	1577	1689	1692	1750
PROMEDIO PUS		1577				
PROMEDIO PUC		1710				

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Del ensayo al agregado grueso el resultado indica que el agregado cumple con la norma de NTP 400.017 para su el diseño de mezcla debido a que se encuentra en el rango de 1500 kg/m³ a 1600kgm³ en el peso unitario suelto y de 1600 kg/m³ a 1900 kg/m³ de peso unitario compactado.

Peso unitario del vidrio triturado

Para poder determinar su peso unitario suelto y compactado del vidrio triturado se procede a realizar el cálculo del volumen del molde, para el ensayo del peso unitario suelto del vidrio triturado se realiza vaciando el agregado en el molde sin apisonarlo, luego se procede a pesarlo. Para el peso unitario compactado se realizar el vaciado del agregado en el molde en 3 capas realizando 25 golpes por cada capa y posteriormente se pesa en la balanza electrónica, para obtener los siguientes datos que se observa en la Tabla 12:

Tabla 12: Peso unitario del vidrio triturado

MUESTRA		PESO UNITARIO SUELTO		PESO UNITARIO COMPACTADO		
		1	2	1	2	3
A	Peso Material + Molde	6928,0	6880,0	7675,0	7648,0	7752,0
B	Peso Molde	2927,0	2927,0	2927,0	2927,0	2927,0
C	Peso de Material	4001	3953	4748	4721	4825
D	Volumen del Molde	3217,0	3217,0	3217,0	3217,0	3217,0
E	Peso Unitario	1244	1229	1476	1468	1500
PROMEDIO PUS		1236				
PROMEDIO PUC		1481				

Fuente: Elaboración propia, 2020.

El peso del vidrio reciclado triturado para saber la similitud con el agregado fino con respecto al peso unitario indica que el vidrio posee menor peso que el agregado fino.

4.1.3 Peso específico y absorción del agregado

Peso específico y absorción del agregado fino

Primeramente, se procede a mezclarse el agregado proveniente de la cantera Trapiche para tener una mayor uniformidad en la muestra usando el pasante del tamiz N°4, para lo cual se usa una cantidad de 800gr del agregado, donde la muestra se coloca en el horno a temperaturas de 110 C° +/- 5 C°, una vez tenida la muestra seca se deja enfriar a temperatura ambiente, una vez enfriado la muestra se separó en 2 partes una de 250 gr y 500 gr. Luego se coloca en un molde de forma de cono para poder comprobar la humedad de la muestra, posteriormente se procede a pesar la fiola con agua, luego se vierte el material en la fiola con agua para luego pesarlo. Luego se deja reposando en un baño maría para luego colocarlo en el horno durante 24 horas y después pesarlo, para obtener los siguientes datos que se muestra en la Tabla 13:

Tabla 13: Peso específico y absorción del agregado fino

MUESTRA		1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso material saturado superficial seca (en aire) (gr)	250	500	-	-	-
B	Peso material saturado superficial seca (en agua) (gr)	675.5	675.5	-	-	
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (cc)	925.5	1175.5	-	-	
D	Peso material seco en horno (105°C) (gr)	831	987	-	-	
E	Volumen de masa (g)	94.5	188.5	-	-	
F	Peso específico bulk (base seca) (gr./cc)	242.84	485.7	-	-	
G	Peso específico bulk (base saturada) (gr./cc)	87.34	174.2	-	-	
H	Peso específico aparente (base seca) (gr./cc)	2.57	2.577	-	-	2.573
I	% de Absorción	2.65	2.653	-	-	2.65
J	Peso material saturado superficial seca (en aire) (gr)	2.78	2.788	-	-	2.78
K	Peso material saturado superficial seca (en agua) (gr)	2.95	2.944	--	-	2.95

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se obtuvieron los resultados del peso específico del agregado fino en estado seco es de 2.57 gr/cm³ y un peso específico saturado superficial seca (agua) de 2.95 gr/cm³ y una absorción de 2.65 %, siendo la absorción lo que se usará para el diseño de mezcla en la cantidad de agua que se requerirá para la mezcla.

Peso específico y absorción del agregado grueso

Primero procedemos a dividir en $\frac{1}{4}$ la muestra para tomar una parte para el ensayo, debido a que posee un tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ “, según la norma el peso mínimo es de 2000.00 gr, estas muestras tienden a ser lavadas para eliminar las impurezas y los polvos que se encuentran en la muestra, logrando obtener para la realización del ensayo 2 muestras de 3000 gr, donde se coloca en un recipiente durante 24 horas sumergido en agua, luego se seca de forma superficial con una franela y luego se pesa, la muestra secada se coloca en una canasta de acero para ser sumergida y poder obtener el dato de su peso en sumergido en agua, luego se procede a colocarlo en el horno durante 24 horas y luego tomar el dato de su peso, para obtener los siguientes datos que se puede observar en la Tabla 14:

Tabla 14: *Peso específico y absorción del agregado grueso*

MUESTRA		1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso material saturado superficial seca (en aire) (g)	3000	3000	-	-	-
B	Peso material saturado superficial seca (en agua) (g)	1890	1888	-	-	
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (cc)	1110	1112	-	-	
D	Peso material seco en horno (105°C) (g)	2987.4	2987.7	-	-	
E	Volumen de masa (g)	1097.4	1099.7	-	-	
F	Peso específico bulk (base seca) (g./cc)	2.69	2.687	-	-	2.689
G	Peso específico bulk (base saturada) (g./cc)	2.7	2.698	-	-	2.70
H	Peso específico aparente (base seca) (g./cc)	2.72	2.717	-	-	2.72
I	% de Absorción	0.42	0.41	-	-	0.42

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se obtuvieron los resultados del peso específico del agregado grueso en estado seco es de 2.6 gr/cm³ y un peso específico saturado de 2.70 gr/cm³ y una absorción de 0.42 %. Lo cual la absorción influirá en la cantidad del agua que se necesitará en el diseño de mezcla.

Peso específico y absorción vidrio triturado

Primeramente, se procede a mezclar el vidrio triturado para que quede de forma homogénea, usando el pasante del tamiz N°4, para lo cual se usa una cantidad de 600 gr del agregado, donde la muestra se coloca en el horno a temperaturas de 110 C° +/- 5 C°, una vez tenida la muestra seca se deja enfriar a temperatura ambiente, una vez enfriado la muestra se divide en 2 partes de 250 gr cada una. Luego se procede a pesar la fiola con agua, luego se vierte el material en la fiola

con agua para luego pesarlo. Luego se deja reposando en un baño maría para luego colocarlo en el horno durante 24 horas y después pesarlo, para obtener los siguientes datos de la Tabla 15:

Tabla 15: Peso específico y absorción del vidrio triturado

MUESTRA		1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso material saturado superficial seca (en aire) (gr)	250	250	-	-	-
B	Peso material saturado superficial seca (en agua) (gr)	668	667	-	-	
C	Volumen de masa + volumen de vacíos (cc)	918	917	-	-	
D	Peso material seco en horno (105°C) (gr)	818	817	-	-	
E	Volumen de masa (gr)	100	100	-	-	
F	Peso específico bulk (base seca) (gr./cc)	250	250	-	-	
G	Peso específico bulk (base saturada) (gr./cc)	100	100	-	-	
H	Peso específico aparente (base seca) (gr./cc)	2.5	2.5	-	-	2.5
I	% de Absorción	2.5	2.5	-	-	2.5
J	Peso material saturado superficial seca (en aire) (gr)	2.5	2.5	-	-	2.5
K	Peso material saturado superficial seca (en agua) (gr)	0	0	-	-	0

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Del ensayo se obtiene que el vidrio no posee absorción lo que indica que es un material que no alteraría en la cantidad de agua que se aplicará al diseño de mezcla.

4.1.4 Análisis granulométrico de los agregados (fino y grueso) y vidrio triturado

Para proceder a elaborar el ensayo de la granulometría se utilizó 459.2 gr del agregado fino proveniente de la cantera Trapiche, con los respectivos tamices según lo estipulado en la norma técnica peruana, se muestra en la Tabla 16:

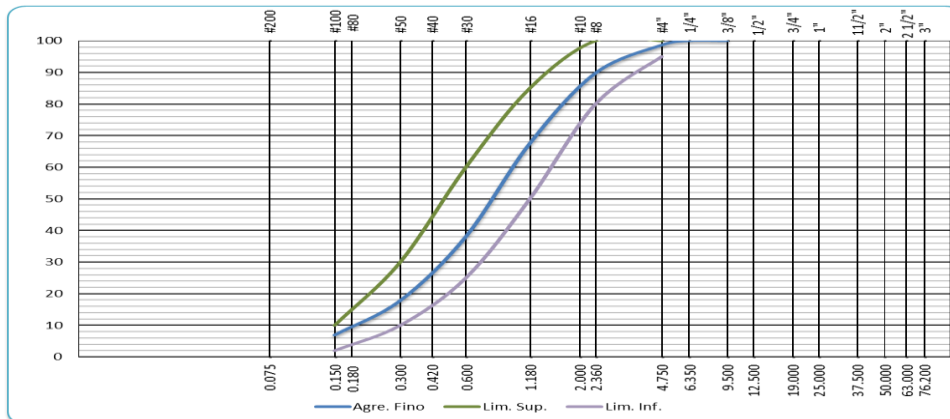
Tabla 16: Análisis granulométrico del agregado fino

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE			HUSO #	
			Retenido	Acumulado	Pasante		
ASTM	mm	Retenido	Retenido	Acumulado	Pasante		
3/8"	9.5	0	0	0	100	100	100
1/4"	6.35	0	0	0	100		
# 4	4.75	7	1.4	1.4	98.6	95	100
# 8	2.36	44	8.9	10.3	89.7	80	100
# 16	1.18	110	22.2	32.5	67.5	50	85
# 30	0.6	146	29.5	62	38	25	60
# 50	0.3	100	20.2	82.2	17.8	10	30
# 100	0.15	54	10.9	93.1	6.9	2	10
# 200	0.075	25	5.1	98.2	1.8	-	-
>200		9	1.8	100	0	-	-
		495					

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En base a los datos obtenidos del ensayo granulométrico del agregado fino, mediante el cálculo del material retenido acumulado en porcentaje nos permitió obtener un módulo de fineza de 2.80 y un tamaño máximo nominal de N° 4, como se observar en el gráfico 04:

Gráfico 04: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración propia, 2020.

En grafico anterior se muestra que el agregado está dentro de los límites de la curva superior y curva inferior cumpliendo con lo que indica la Norma ASTM.

posteriormente, se efectuó el análisis granulométrico del agregado grueso con muestra de 6465 gr de la cantera Trapiche, los resultados del ensayo se muestra en la Tabla 17:

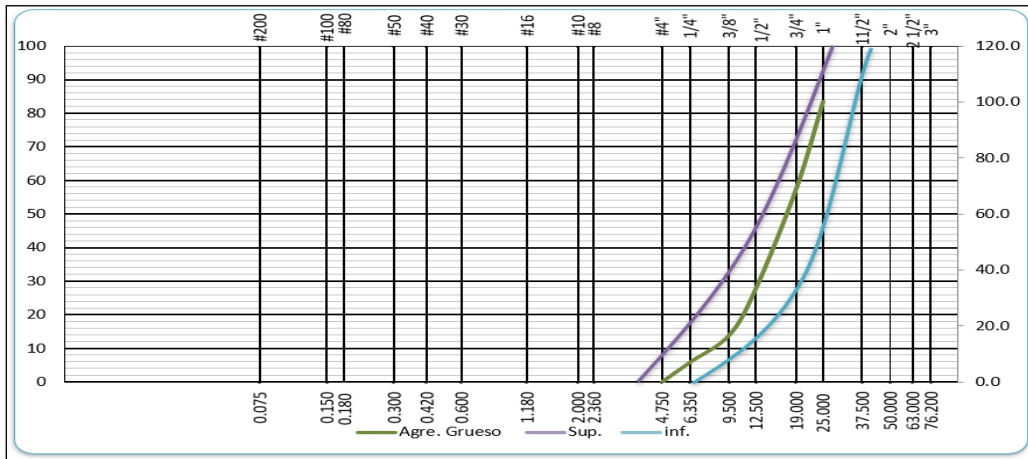
Tabla 17: Análisis granulométrico del agregado grueso

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE			HUSO #	
			Retenido	Acumulado	Pasante		
1"	25		0	0	100	95	100
3/4"	19	1993	30.8	30.8	69.2		
1/2"	12.5	2318	35.9	66.7	33.3	25	60
3/8"	9.5	1075	16.6	83.3	16.7	-	-
1/4"	6.35	625	9.7	93	7	-	
# 4	4.75	454	7	100	0	0	10
# 8	2.36	0	0	100	0	-	-
>200	-	0	0	0	100		
		6465					

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En base al ensayo granulométrico del agregado grueso se obtuvieron los resultados, el tamaño máximo nominal es de ¾" y la curva granulométrica, como se observar en el gráfico 05:

Gráfico 05: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración propia, 2020.

En el gráfico anterior se muestra la curva granulométrica está dentro del límite inferior y superior como límite del agregado grueso siendo del tipo de Huso 67 porque establecen los husos y rangos como establece las normas ASTM C33-01 y NTP 400-.037 2020.

Finalmente, se procedió a realizar el ensayo granulométrico de vidrio triturado con una muestra de 1000 g, los resultados del ensayo se muestran en la Tabla 18:

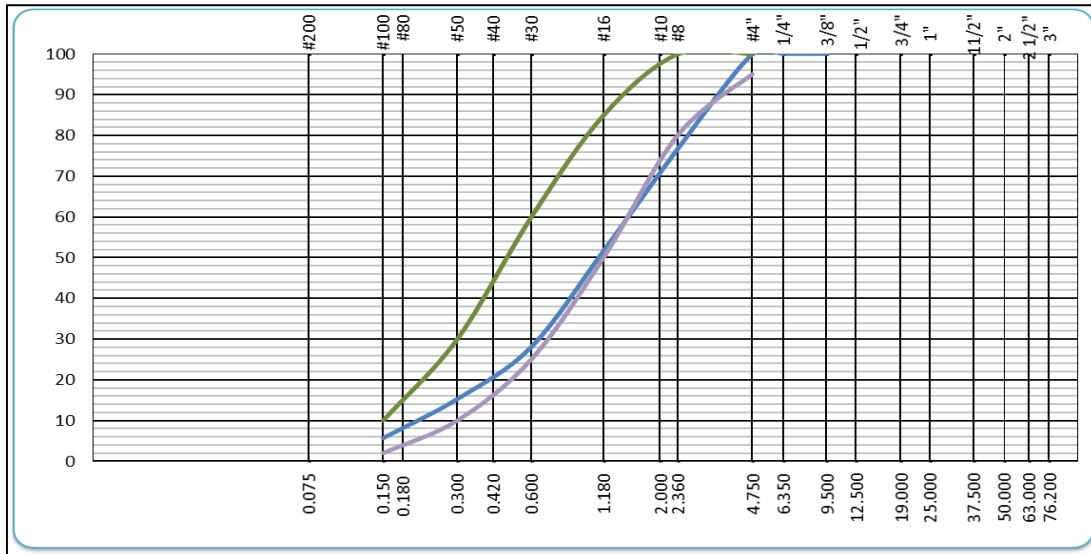
Tabla 18: Análisis granulométrico del vidrio triturado

TAMIZ	ABERTURA	PESO	PORCENTAJE			HUSO #	
			Retenido	Retenido	Acumulo		
3/8"	9.5	0	0	0	100	100	100
1/4"	6.35	0	0	0	100		
# 4	4.75	0	0	0	100	95	100
# 8	2.36	232.9	23.3	23.3	76.7	80	100
# 16	1.18	249.86	25	48.3	51.7	50	85
# 30	0.6	235.85	23.6	71.9	28.1	25	60
# 50	0.3	127.86	12.8	84.7	15.3	10	30
# 100	0.15	95.71	9.6	94.2	5.8	2	10
# 200	0.075	36.71	3.7	97.9	2.1		
>200		21	2.1	100	0		
		999.9					

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En base a los datos obtenidos del ensayo granulométrico del vidrio triturado, mediante el cálculo del porcentaje retenido acumulado nos permitió obtener un módulo de fineza de 3.2 y un tamaño máximo nominal de N° 8, como se observar en el gráfico 06:

Gráfico 06: Curva Granulométrica



Fuente: Elaboración propia, 2020.

En el gráfico anterior se muestra el cumplimiento del porcentaje que pasa por diferentes tamices como indica la Norma ASTM.

Resumen de los ensayos de las propiedades físicas de los agregados y el vidrio triturado.

Tabla 19: Resumen de propiedades físicas de los agregados

Propiedades físicas	Agregado fino	Agregado grueso	Vidrio triturado
Módulo de fineza	2,8	--	3,2
Tamaño máximo nominal	--	3/4"	--
Perfil	--	Angular	--
Peso específico (kg/m³)	2650	2700	2500
Peso unitario suelto (kg/m³)	1401	1577	1223
Peso unitario compactado (kg/m³)	1651	1710	1481
Porcentaje de humedad (%w)	1,40%	0,30%	0,00%
Porcentaje de absorción (% abs)	2,95%	0,42%	0,00%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.2 Diseño de mezcla

Tabla 20: Propiedades del cemento y el agua

Cemento	Andino tipo I
Resistencia a la compresión (f'c)	210 kg/cm²
Peso específico del cemento (Pe)	3,15 kg/cm³
Peso específico del agua	1000 kg/cm³

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 21: Propiedades físicas de los agregados

Propiedades físicas	Agregado fino	Agregado grueso
Módulo de fineza	2,8	--
Tamaño máximo nominal	--	¾"
Perfil	--	Angular
Peso específico	2650 kg/m ³	2700 kg/m ³
Peso unitario suelto	1401 kg/m ³	1577 kg/m ³
Peso unitario compactado	1651 kg/m ³	1710 kg/m ³
Porcentaje de humedad (%w)	1,40%	0,30%
Porcentaje de absorción (% abs)	2,95%	0,42%

Fuente: Elaboración propia, 2020.

4.2.1 Resistencia promedio requerido (F'_{cr})

El cálculo promedio de la resistencia requerida se halla por tres métodos, para esta investigación se aplicará el método de la desviación estándar; debido que no existe un antecedente de datos de los resultados de la resistencia de las probetas y habiendo tomado en consideración la calidad de concreto. Para la investigación se aplicará el segundo método como se explicó anteriormente, porque no se cuenta con anteriores datos para las probetas, debido a esto se utilizará la estimación del f'_{cr} de la siguiente Tabla 22:

Tabla 22: Resistencia promedio requerido (F'_{cr})

Resistencia específica a la compresión (kg/cm ²)	Resistencia promedio requerida a la compresión (kg/cm ²)
$f'_{c} < 210$	$f'_{cr} = f'_{c} + 70$
$210 \leq f'_{c} \leq 350$	$f'_{cr} = f'_{c} + 84$
$f'_{c} > 350$	$f'_{cr} = f'_{c} + 98$

Fuente: Confeccionado por el comité 211 del ACI.

Nuestro trabajo se contará con una resistencia de $f'_{c} = 210$ kg/cm², donde se encuentra en un intervalo de 210 kg/cm² a 350 kg/cm², mediante el cálculo se logra tener una resistencia promedio requerido de 294 kg/cm².

4.2.2 Selección de asentamiento

Para que cumpla con condiciones de las especificaciones se requiere tener Kg/cm² una mezcla que logre tener una consistencia plástica, como se visualiza en la Tabla 23:

Tabla 23: Selección de asentamiento

Tipo de estructuras	Slump	
	Máximo	Mínimo
Zapatas y muros de cimentación reforzadas	3"	1"
Cimentaciones simples y calzaduras	3"	1"
Vigas y muros armados	4"	1"
Columnas	4"	2"
Losas y pavimentos	3"	1"
Concreto Ciclópeo	2"	1"

Fuente: Confeccionado por el comité 211 del ACI.

La consistencia el cual se va trabajar en un slump de 3" – 4" para obtener una consistencia plástica y poder usar en diferentes tipos de estructuras.

4.2.3 Contenido de aire

El comité 211 del ACI manifiesta que el contenido de aire atrapado depende del tamaño máximo nominal del agregado grueso, se muestra en la siguiente Tabla 24:

Tabla 24: Contenido de aire atrapado

CONTENIDO DE AIRE ATRAPADO	
Tamaño máximo de agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3,0%
1/2"	2,5%
3/4"	2,0%
1"	1,5%
1 1/2"	1,0%
2"	0,5%
3"	0,3%
4"	0,2%

Fuente: Confeccionado por el comité 211 del ACI.

Como el tamaño máximo nominal es de 3/4" nos dice tendrá un contenido de aire atrapado es de 2 %.

4.2.4 Contenido de agua

Para hallar el volumen unitario del agua, se debe primero tener presente el asentamiento del slump y del tamaño máximo nominal del agregado grueso, una vez tenido estos datos debe tener en cuenta si el concreto es con o sin aire

incorporado, se muestra en el cuadro que proporciona el comité ACI-211, como se muestra en la Tabla 25:

Tabla 25: Volumen unitario del agua

VOLUMEN UNITARIO DEL AGUA						
Tamaño máximo nominal	Volumen unitario de agua expresado en l/m ³					
	Slump 1" a 2"		Slump 3" a 4"		Slump 6" a 4"	
	Agregado redondeado	Agregado Angular	Agregado redondeado	Agregado Angular	Agregado redondeado	Agregado Angular
3/8"	185	212	201	227	230	250
1/2"	152	201	197	216	219	238
3/4"	170	189	185	205	208	227
1"	163	182	178	197	197	216
1 1/2"	155	170	170	185	185	204
2"	148	163	163	178	178	197
3"	136	151	151	167	163	182

Fuente: Confeccionado por el comité 211 del ACI.

Para el tamaño máximo nominal de 3/4" y un asentamiento de 3" – 4" de agregado angular y por ser un concreto sin contenido de aire; el volumen de agua es 205 l/m³.

4.2.5 Relación agua / cemento

Es de suma importancia la relación de agua/cemento en la elaboración de un concreto de calidad, el comité ACI-211 brinda en su cuadro el cual está en función de f'_{cr} para obtener la relación de agua/cemento, como se observa en la Tabla 26:

Tabla 26: Relación de W/C en función de F'_{cr}

f'_{cr} (kg/cm ²)	Relación W/C en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0,8	0,71
200	0,7	0,61
250	0,62	0,53
300	0,55	0,46
350	0,48	0,4
400	0,43	
450	0,38	

Fuente: Confeccionado por el comité 211 del ACI.

Teniendo en $f'_{cr} = 294$ kg/cm² se puede localizar que se encuentra entre el intervalo de 250 kg/cm² – 300 kg/cm², mediante la aplicación de la interpolación se logra tener el valor de la relación de W/C.

250 kg/cm ²	0.62
294 kg/cm ²	X
300 kg/cm ²	0.55

Mediante el cálculo de la interpolación se logra tener la W/C = 0.56

4.2.6 Cantidad del cemento

Para lograr obtener la cantidad de cemento reemplazamos la cantidad agua en la relación de W/C= 0.56.

$$C = \frac{205 \frac{l}{m^3}}{0.56} = 367.12 \frac{kg}{m^3} = 8.64 \text{ bolsas}$$

4.2.7 Contenido agregado grueso

Para obtener el peso del agregado grueso primero se determina en unidad de volumen, el cual el comité ACI-211 proporciona en función del módulo de fineza del agregado fino y el tamaño máximo nominal del agregado grueso, como se observa en la Tabla 27:

Tabla 27: *Peso del agregado grueso por unidad de volumen del concreto*

VOLUMEN DEL AGREGADO GRUESO POR UNIDAD DE VOLUMEN DEL CONCRETO (Para diversos módulos de fineza del agregado fino)				
Tamaño máximo nominal	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
1 1/2"	0,76	0,74	0,72	0,7
2"	0,78	0,76	0,74	0,72
3"	0,81	0,79	0,77	0,75
6"	0,87	0,85	0,83	0,81

Fuente: Confeccionado por el comité 211 del ACI.

De acuerdo al valor del tamaño máximo nominal del agregado grueso de 3/4" y un módulo de fineza del agregado fino de 2.8, mediante el cuadro podemos tener como resultado de 0.62 m³ para obtener la cantidad en peso del agregado grueso en

termino de unidad de volumen del concreto se procede a multiplicar con el peso unitario compactado teniendo:

$$\text{Peso del AG} = 0.62 \text{ m}^3 \times 1710 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1060.20 \text{ kg}$$

4.2.7 Volumen absoluto

El volumen absoluto se calcula mediante las cantidades o pesos de cada material del concreto, se divide entre sus pesos específicos de cada uno de los agregados.

$$\text{Cemento} = \frac{367.12 \text{ kg/m}^3}{3.15 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 1000} = 0.117 \text{ m}^3$$

$$\text{Agua} = \frac{205 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$\text{Aire} = \frac{2.00\%}{100} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{1060.2 \text{ kg/m}^3}{2.70 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 1000} = 0.393 \text{ m}^3$$

$$\text{Total} = 0.734 \text{ m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = 1 - 0.734 = 0.266 \text{ m}^3$$

4.2.8 Peso del agregado fino

Para tener el peso del agregado fino, se procede a multiplicar el volumen absoluto con el peso específico.

$$\text{Agregado Fino} = 0.266 \text{ m}^3 \times 2650 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 704.18 \text{ kg}$$

4.2.9 Diseño en estado seco

$$\text{Cemento} = 367.12 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agregado Fino} = 704.18 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}$$

$$\text{Agregado Grueso} = 1060.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agua} = 205 \text{ l/m}^3$$

4.2.10 Corrección por contenido de humedad

$$\text{Peso de humeda del agregado fino} = 704.18 \times \left(1 + \frac{1.4\%}{100\%} \right) = 714.04 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Peso humedad del agregado grueso} = 1060.2 \times \left(1 + \frac{0.30\%}{100\%} \right) = 1063.38 \text{ kg/m}^3$$

4.2.11 Aporte de agua a la mezcla

$$\text{Aporte de agua del agregado fino} = \frac{704.18 \times (1.40 - 2.95)}{100} = -10.89 \text{ l}$$

$$\text{Aporte de agua del agregado grueso} = \frac{1060.2 \times (0.30 - 0.42)}{100} = -1.24$$

$$\text{Aporte de agua} = -10.89 - 1.24 = -12.13 \text{ l}$$

4.2.12 Calculo de agua efectiva

$$\text{Agua efectiva} = 205 \text{ l} - (-12.13) = 217.13 \text{ l/m}^3$$

4.2.13 Proporcionamiento de diseño

Finalmente obtenemos el peso de cada uno de los materiales que conforman a un diseño de concreto de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.

$$\text{Cemento} = \frac{367.12 \text{ kg/m}^3}{367.12 \text{ kg/m}^3} = 1$$

$$\text{Agregado Fino} = \frac{714.04 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^3}}{367.12 \text{ kg/m}^3} = 1.94$$

$$\text{Agregado Grueso} = \frac{1063.38 \text{ kg/m}^3}{367.12 \text{ kg/m}^3} = 2.90$$

$$\text{Agua} = \frac{217.13 \text{ l/m}^3}{367.12 \text{ kg/m}^3} = 0.59$$

Interpretación:

Se determinó el diseño de mezcla mediante la metodología de diseño del ACI comité 211, donde se obtuvo la relación de agua/cemento de acuerdo a la Tabla 26, donde se realizó la interpolación correspondiente, obteniendo una relación de 0.56, una vez tenido la relación de agua cemento se procede a realizar el cálculo de la cantidad del cemento mediante la división de la cantidad de agua 217.13 litros/m³, obteniendo una cantidad de cemento de 367.12 kg/m³ (8.64 bolsas), donde se determinó los pesos de los agregados, agregado grueso de 1063.38 kg/m³ y el agregado fino de 714.04 kg/m³, obteniendo una proporción 1 : 1.94 : 2.90: 0.59.

4.3. Diseños de mezcla en relación a pesos

Luego de obtener el diseño del concreto patrón, procedemos a realizar el diseño del concreto con adición de vidrio como parte del agregado fino en 20 % y 40 % para la elaboración de las probetas, como se observa en la Tabla 28:

Tabla 28: *Diseño de mezcla en relación a peso*

Diseño de concreto	Cemento (kg/m ³)	Agregado fino (kg/m ³)	Agregado grueso (kg/m ³)	Agua (l/m ³)	Vidrio (kg/m ³)
Concreto Patrón	367,12	714,04	1063,38	217,13	-
20% de vidrio como agregado fino	367,12	571,23	1063,38	217,13	142,81
40% de vidrio como agregado fino	367,12	428,42	1063,38	217,13	285,61

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Una vez tenido las dosificaciones del diseño de concreto con y sin adición de vidrio, se calcula la cantidad de materiales en pesos según las cantidades de las probetas que se va realizar para cada ensayo y fecha, siendo el molde de la probeta de 4" x 8", como se muestran en las Tabla 29, 30, 31:

Tabla 29: *Proporciones de la mezcla del concreto patrón*

CONCRETO PATRON			DESPERDICIO 10%		
Material	kg/m ³	VOLUMEN DEL MOLDE 4"X8" (M3)	7 DIAS (8 PROBETAS) (KG)	28 DIAS (8 PROBETAS) (KG)	50 DIAS (8 PROBETAS) (KG)
Cemento:	367,12	0,0016	5,07	5,07	5,07
Agregado fino:	714,04	0,0016	9,87	9,87	9,87
Agregado grueso:	1063,38	0,0016	14,70	14,70	14,70
Agua:	217,13	0,0016	3,00	3,00	3,00

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En Tabla 29 se muestra las cantidades en kg de los materiales que se utilizará para la realización de las probetas para los días que se plantearon en la investigación para el concreto patrón.

Tabla 30: *Proporciones de la mezcla del concreto con adición 20% de vidrio en remplazo del agregado fino*

20% VIDRIO DEL AF			DESPERDICIO 10%		
Material	kg/m ³	VOLUMEN DEL MOLDE 4"X8" (M3)	7 DIAS (8 PROBETAS) (KG)	28 DIAS (8 PROBETAS) (KG)	50 DIAS (20 PROBETAS) (KG)
Cemento:	367,12	0,0016	5,07	5,07	12,69
Agregado fino:	714,04	0,0016	7,90	7,90	19,74
Agregado grueso:	1063,38	0,0016	14,70	14,70	36,75
Agua:	217,13	0,0016	3,00	3,00	7,50
Vidrio:	142,81	0,0016	3,00	1,97	4,94

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En Tabla 30 se muestra las cantidades en kg de los materiales que se utilizará para la realización de las probetas para los días que se plantearon en la investigación para el concreto con adición del 20% de vidrio como agregado fino.

Tabla 31: *Proporciones de la mezcla del concreto con adición 40% de vidrio en remplazo del agregado fino*

40% VIDRIO DEL AF			DESPERDICIO 10%		
			7 DIAS (8 PROBETAS) (KG)	28 DIAS (8 PROBETAS) (KG)	50 DIAS (20 PROBETAS) (KG)
Material	kg/m ³	VOLUMEN DEL MOLDE 4"X8" (M3)			
Cemento:	367,12	0,0016	5,07	5,07	12,69
Agregado fino:	571,23	0,0016	9,87	9,87	19,74
Agregado grueso:	1063,38	0,0016	14,70	14,70	14,70
Agua:	217,13	0,0016	3,00	3,00	3,00
Vidrio:	285,61	0,0016	3,95	3,95	9,87

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En Tabla 31 se muestra las cantidades en kg de los materiales que se utilizará para la realización de las probetas para los días que se plantearon en la investigación para el concreto con adición del 40% de vidrio como agregado fino. Teniendo las proporciones de mezcla con y sin adición de vidrio se procede a realizar la mezcla para cada edad del curado, se procede a realizar el mezclado de los componentes del concreto para poder realizar los ensayos en su estado fresco.

4.4 Ensayo en estado fresco

4.4.1 Ensayo de asentamiento (Cono de Abrams)

El ensayo consiste en que posterior al realizar el diseño y preparado la mezcla se procede a vaciarlo en el cono de Abrams en 3 capas, realizando chuceadas con una varilla de acero 25 veces por cada capa, posteriormente se levanta verticalmente el cono, se coloca de forma invertida al cono para así poder medir el asentamiento de la mezcla con respecto al cono, para lo cual se obtiene los siguientes datos de la Tabla 32:

Tabla 32: Asentamiento de slump

PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO (ASTM C 143/ NTP 339.035)			
PROPIEDAD DENOMINACIÓN	PORCENTAJE DE VIDRIO		
	0%	20%	40%
TRABAJABILIDAD	B	B	B
ASENTAMIENTO (PUL)	3,0 ''	3,2 ''	4,5 ''
HOMOGENIDAD	MB	MB	MB

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la Tabla 32 se puede observar los valores del asentamiento del concreto en sus diferentes adiciones del vidrio triturado, se aprecia que a mayor sea la adición de vidrio genera un mayor asentamiento, esto se debe a que el vidrio no absorbe agua lo que da como evidencia el incremento asentamiento en un 0.2" y 1.5" con respecto al concreto convencional, lo que genera una mayor trabajabilidad del concreto.

4.4.2 Ensayo de peso unitario del concreto en estado fresco

El ensayo consiste en registrar el peso del concreto en su estado fresco, lo cual se realiza al llenar el molde con la mezcla en 3 capas realizando 25 chuceadas por cada capa, una vez lleno el molde se enraza para posteriormente pesarlo, previamente ya pesado el molde del concreto, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la Tabla 33:

Tabla 33: Peso unitario del concreto en estado fresco

Muestras		Datos					
Probetas	% vidrio	Peso del molde vacío (kg)	Peso concreto + molde (kg)	Peso del concreto fresco (kg)	Volumen	Peso unitario (kg/m³)	Promedio (kg/m³)
1	0%	0.215	4.285	4.070	0.002	2591.04	2583.72
2		0.210	4.21	4.000	0.002	2546.48	
3		0.210	4.242	4.032	0.002	2566.85	
4		0.213	4.277	4.064	0.002	2587.22	
5		0.206	4.295	4.089	0.002	2603.14	
6		0.210	4.262	4.052	0.002	2579.58	
7		0.241	4.347	4.106	0.002	2613.96	
8		0.210	4.265	4.055	0.002	2581.49	
9	20%	0.212	4.25	4.038	0.002	2570.67	2573.93
10		0.212	4.229	4.017	0.002	2557.30	
11		0.238	4.336	4.098	0.002	2608.87	
12		0.212	4.21	3.998	0.002	2545.21	
13		0.213	4.2	3.987	0.002	2538.20	
14		0.242	4.2	3.958	0.002	2519.74	
15		0.211	4.39	4.179	0.002	2660.43	
16		0.218	4.288	4.070	0.002	2591.04	
17	40%	0.237	4.17	3.933	0.002	2503.83	2521.33
18		0.239	4.182	3.943	0.002	2510.19	
19		0.168	4.274	4.106	0.002	2613.96	
20		0.215	4.113	3.898	0.002	2481.54	
21		0.215	4.139	3.924	0.002	2498.10	
22		0.207	4.122	3.915	0.002	2492.37	
23		0.212	4.162	3.950	0.002	2514.65	
24		1.397	5.412	4.015	0.002	2556.03	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Mediante los resultados del peso unitario en la tabla 33 se observa que al adicionar el vidrio en mayor porcentaje como agregado fino tiende a disminuir el peso del concreto, pero es mínima la diferencia el cuándo al peso del concreto patrón.

4.4 Ensayo en estado endurecido

4.4.1 Ensayo de peso del concreto en estado endurecido

El ensayo consiste en registrar los pesos de las probetas después de sacarlos del curado en el tiempo que se va a realizar los ensayos en su estado endurecido y dejarlo secar a temperatura ambiente, obteniendo los siguientes resultados mostrados en la Tabla 34:

Tabla 34: Peso del concreto en estado endurecido

Peso unitario del concreto en estado endurecido (50días)							
Curado	Muestras		Datos				
	Probetas	% vidrio	Peso del concreto endurecido (kg)	Volumen (m ³)	Peso unitario (kg/m ³)	Promedio (kg/m ³)	
Curado normal	1	0%	4.065	0.00157	2587.86	2564.65	
	2		4.050	0.00159	2552.78		
	3		4.061	0.00158	2572.45		
	4		4.020	0.00157	2559.21		
Inmersión en sulfato	5		0%	4.007	0.00157	2550.94	2546.33
	6			4.006	0.00158	2537.61	
	7			4.002	0.00157	2547.75	
	8			4.004	0.00157	2549.03	
Curado normal	9	20%		3.952	0.00157	2515.92	2512.36
	10			3.954	0.00157	2517.19	
	11			3.957	0.00157	2519.10	
	12			3.956	0.00157	2518.47	
	13		3.944	0.00157	2510.83		
	14		3.935	0.00157	2505.10		
	15		3.948	0.00157	2513.37		
	16		3.940	0.00157	2508.28		
Inmersión en sulfato	17		20%	3.910	0.00157	2489.18	2509.23
	18			3.968	0.00157	2526.11	
	19			3.969	0.00158	2514.17	
	20			3.970	0.00157	2527.38	
	21			3.969	0.00157	2526.74	
	22			3.984	0.00157	2536.29	
	23			3.967	0.00157	2525.47	
	24			3.967	0.00157	2525.47	
Curado normal	25	40%		3.956	0.00159	2493.53	2508.37
	26			3.945	0.00163	2413.94	
	27			3.995	0.00157	2543.30	
	28			3.944	0.00159	2485.97	
	29			3.920	0.00155	2533.55	
	30			3.925	0.00159	2473.99	
	31			3.929	0.00154	2552.07	
	32			3.914	0.00157	2491.73	
Inmersión en sulfato	33		40%	3.871	0.00159	2439.96	2504.40
	34			3.915	0.00160	2443.26	
	35			3.910	0.00159	2464.54	
	36			3.970	0.00158	2514.81	
	37			4.164	0.00159	2611.71	
	38			4.140	0.00162	2558.09	
	39			3.974	0.00159	2492.54	
	40			3.908	0.00154	2538.42	
Inmersión en sulfato	41	40%		3.925	0.00155	2536.78	2504.40
	42			3.940	0.00158	2495.80	
	43			3.979	0.00159	2508.03	
	44			3.949	0.00158	2501.50	
	45			3.962	0.00157	2522.29	
	46			3.975	0.00163	2432.30	
	47			3.965	0.00158	2511.64	
	48			3.954	0.00158	2504.67	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la tabla 34 se muestra que la adición de vidrio como parte del agregado fino se muestra una mínima variación y se da de manera proporcional que a mayor cantidad de adición de vidrio es más la diferencia respecto al concreto convencional. Respecto a la exposición de sulfato de magnesio durante la fecha de los 50 días se apreció que tuvo el efecto mayor en el concreto patrón con una pérdida de peso unitario de 3% respecto al curado normal y en cuanto del concreto con adición de vidrio del 20% y 40% con respecto al curado normal la pérdida de masa fue de mínima de 1% y 1%, por lo que la adición de vidrio hace el concreto conserve mejor su peso.

4.4.2 Ensayo de resistencia a la compresión

Para la realización del ensayo de compresión se procede a sacar las probetas del curado y dejarlo secar a temperatura ambiente, para posteriormente pesarlo; medir su diámetro de la probeta para poder tener su área, luego se coloca en la prensa para poder saber la fuerza que se requiere para romper la probeta, una vez obtenido el dato se procede a realizar el cálculo de la división de la fuerza aplicada al área de la probeta para obtener la resistencia del concreto en kg/cm² mostrados en la Tablas 35, 36 y 37:

Tabla 35: Ensayo de resistencia a la compresión a los 7 días

ENSAYO DE LA RESISTENCIA DE A LA COMPRESION (ASTM C39/C39M-17b)												
N° de testigos	Estructura	Fecha de rotura		Curado	Edad	Altura	Diámetro	Área	Carga		Resistencia obtenida F'c (kg/cm ²)	Resistencia F'c Promedio (kg/cm ²)
		Moldeo	Rotura		(Días)	(cm)	(cm)	(cm ²)	KN	Kgf		
1	Concreto patrón	21/09/2020	28/09/2020	Normal	7	20	10	78.54	170.25	17360.39	221.04	220.72
2					7	20	10	78.54	176.24	17971.19	228.82	
3					7	20	10	78.54	166.59	16987.18	216.29	
4					7	20	10	78.54	166.94	17022.87	216.74	
5	C° Sustituido al 20 % del agregado fino por Vidrio	21/09/2020	28/09/2020	Normal	7	20	10	78.54	161.20	16437.56	209.29	215.96
6					7	20	10	78.54	173.25	17666.30	224.93	
7					7	20	10	78.54	158.39	16151.03	205.64	
8					7	20	10	78.54	172.51	17590.84	223.97	
9	C° Sustituido al 40 % del agregado fino por Vidrio	21/09/2020	28/09/2020	Normal	7	20	10	78.54	169.74	17308.39	220.38	206.89
10					7	20	10	78.54	162.15	16534.44	210.52	
11					7	20	10	78.54	150.23	15318.95	195.05	
12					7	20	10	78.54	155.28	15833.90	201.60	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 36: Ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días

ENSAYO DE LA RESISTENCIA DE A LA COMPRESION (ASTM C39/C39M-17b)											
N° de testigos	Estructura	Fecha de rotura		Curado	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga		Resistencia obtenida F'c (kg/cm ²)	Resistencia F'c Promedio (kg/cm ²)
		Moldeo	Rotura					KN	Kgf		
13	Concreto patrón	25/09/2020	23/10/2020	Normal	28	10.0	78.54	226.56	23102.32	294.15	297.42
14						10.0	78.54	230.56	23510.20	299.34	
15						10.0	78.54	230.12	23465.34	298.77	
16						10.0	78.54	-	-	-	
17	C° Sustituido al 20 % del agregado fino por Vidrio	25/09/2020	23/10/2020	Normal		10.0	78.54	232.46	23703.95	301.81	297.17
18						10.0	78.54	225.08	22951.41	292.23	
19						10.0	78.54	229.12	23363.37	297.47	
20						10.0	78.54	-	-	-	
21	C° Sustituido al 40 % del agregado fino por Vidrio	25/09/2020	23/10/2020	Normal		10.0	78.54	223.45	22785.20	290.11	290.72
22						10.0	78.54	227.12	23159.43	294.87	
23						10.0	78.54	221.20	22555.76	287.19	
24						10.0	78.54	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 37: Ensayo de resistencia a la compresión a los 50 días

ENSAYO DE LA RESISTENCIA DE A LA COMPRESION (ASTM C39/C39M-17b)											
N° de testigos	Estructura	Fecha de rotura		Curado	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga		Resistencia obtenida F'c (kg/cm ²)	Resistencia F'c Promedio (kg/cm ²)
		Moldeo	Rotura					KN	Kgf		
25	Concreto patrón	19/09/2020	08/11/2020	Normal	50	10.0	78.54	247.78	25266.40	321.70	319.33
26						10.0	78.54	244.56	24937.78	317.52	
27						10.0	78.54	246.45	25130.51	319.97	
28						10.0	78.54	245.03	24985.91	318.13	
29	C° Sustituido al 20 % del agregado fino por Vidrio	19/09/2020	08/11/2020	Normal		10.0	78.54	244.59	24940.46	317.55	317.79
30						10.0	78.54	247.78	25266.40	321.70	
31						10.0	78.54	242.14	24691.49	314.38	
32						10.0	78.54	245.89	25073.19	319.24	
33						10.0	78.54	247.78	25266.40	321.70	
34						10.0	78.54	247.78	25266.40	321.70	
35						10.0	78.54	241.61	24636.51	313.68	
36						10.0	78.54	241.00	24575.25	312.90	
37					10.0	78.54	241.36	24611.38	313.36		
38					10.0	78.54	247.78	25266.40	321.70		
39	C° Sustituido al 20 % del agregado fino por Vidrio	19/09/2020	08/11/2020	Normal	10.0	78.54	225.35	22978.54	292.57	293.52	
40					10.0	78.54	225.97	23042.15	293.38		
41					10.0	78.54	224.86	22929.06	291.94		
42					10.0	78.54	224.58	22900.00	291.57		
43					10.0	78.54	225.92	23037.44	293.32		
44					10.0	78.54	227.49	23197.66	295.36		
45					10.0	78.54	225.92	23037.44	293.32		
46					10.0	78.54	225.32	22976.18	292.54		
47					10.0	78.54	226.96	23142.68	294.66		
48					10.0	78.54	228.43	23292.70	296.57		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la Tabla 35, 36 y 37 se puede visualizar los resultados de la resistencia a la compresión de los 7, 28 y 50 días de curado respecto al concreto patrón y con adición de vidrio en 20 y 40% en reemplazo del agregado fino, se muestra que el concreto con mejor comportamiento es el concreto con adición de vidrio en 20% durante las fechas planteadas el concreto tuvo una mínima pérdida de resistencia el cual se encuentra dentro del rango y en cuanto al concreto en 40 % tuvo un mayor diferencia el cual se manifiesta que a mayor cantidad de adición de vidrio puede afectar la pérdida de resistencia a la compresión.

4.4.2 Ensayo de durabilidad

Para realizar este ensayo previamente la probeta ha tenido que encontrarse expuesta a ataques de sulfato para lo cual se realizó el curado con presencia de sulfato de 50000 ppm, que vendría ser a una exposición muy severa según la norma E 060. Por la importancia de conocer el comportamiento del concreto patrón y el concreto con la adición de vidrio la inmersión del sulfato es muy severo; ya que a mayor cantidad de la exposición del sulfato se podría visualizar y medir el efecto que produce, los resultados se muestran en las siguientes tablas 38, 39 y 40:

Tabla 38: *Ensayo de resistencia al ataque de sulfato a los 7 días*

ENSAYO DE LA DURABILIDAD (RESISTENCIA A LOS ATAQUES DE LOS SULFATOS)												
N° de testigos	Estructura	Fecha de rotura		Carado	Edad (Días)	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga		Resistencia obtenida F ^c (kg/cm ²)	Resistencia F ^c Promedio (kg/cm ²)
		Moldeo	Rotura						KN	Kgf		
1	Concreto patrón	21/09/2020	28/09/2020	Inmersión de sulfato	7	20	10	78.54	158.86	16198.95	206.25	199.80
2					7	20	10	78.54	154.27	15730.91	200.29	
3					7	20	10	78.54	151.53	15451.51	196.73	
4					7	20	10	78.54	150.89	15386.25	195.90	
5	C° Sustituido al 20 % del agregado fino por Vidrio	21/09/2020	28/09/2020	Inmersión de sulfato	7	20	10	78.54	172.35	17574.53	223.77	212.71
6					7	20	10	78.54	160.54	16370.26	208.43	
7					7	20	10	78.54	166.20	16947.41	215.78	
8					7	20	10	78.54	156.25	15932.81	202.86	
9	C° Sustituido al 40 % del agregado fino por Vidrio	21/09/2020	28/09/2020	Inmersión de sulfato	7	20	10	78.54	154.70	15774.76	200.85	201.31
10					7	20	10	78.54	164.25	16748.57	213.25	
11					7	20	10	78.54	141.99	14478.72	184.35	
12					7	20	10	78.54	159.28	16241.78	206.80	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 39: Ensayo de resistencia al ataque de sulfato a los 28 días

ENSAYO DE LA DURABILIDAD (RESISTENCIA A LOS ATQUES DE LOS SULFATOS)											
N° de testigos	Estructura	Fecha de rotura		Curado	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga		Resistencia obtenida F'c (kg/cm ²)	Resistencia F'c Promedio (kg/cm ²)
		Moldeo	Rotura					KN	Kgf		
13	Concreto patrón	25/09/2020	23/10/2020	Inmersión de sulfato	28	10	78.54	220.24	22457.87	285.94	284.19
14						10	78.54	218.89	22320.21	284.19	
15						10	78.54	217.54	22182.55	282.44	
16						10	78.54	-	-	-	
17	C° Sustituido al 20 % del agregado fino por Vidrio	25/09/2020	23/10/2020	Inmersión de sulfato		10	78.54	226.08	23053.38	293.52	294.99
18						10	78.54	227.42	23190.02	295.26	
19						10	78.54	228.12	23261.40	296.17	
20	C° Sustituido al 40 % del agregado fino por Vidrio	25/09/2020	23/10/2020	Inmersión de sulfato		10	78.54	-	-	-	290.57
21						10	78.54	224.45	22887.17	291.41	
22						10	78.54	226.42	23088.05	293.97	
23	C° Sustituido al 40 % del agregado fino por Vidrio	25/09/2020	23/10/2020	Inmersión de sulfato		10	78.54	220.54	22488.46	286.33	290.57
24						10	78.54	-	-	-	

Fuente: Elaboración propia, 2020.

Tabla 40: Ensayo de resistencia al ataque de sulfato a los 50 días

ENSAYO DE LA DURABILIDAD (RESISTENCIA A LOS ATQUES DE LOS SULFATOS)											
N° de testigos	Estructura	Fecha de rotura		CURADO	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga		Resistencia obtenida F'c (kg/cm ²)	Resistencia F'c Promedio (kg/cm ²)
		Moldeo	Rotura					KN	Kgf		
25	Concreto patrón	19/09/2020	08/11/2020	Inmersión de sulfato	50	10	78.54	213.94	21815.62	277.77	279.05
26						10	78.54	217.88	22216.96	282.88	
27						10	78.54	214.71	21894.16	278.77	
28						10	78.54	213.18	21737.87	276.78	
29	C° Sustituido al 20 % del agregado fino por Vidrio	19/09/2020	08/11/2020	Inmersión de sulfato		10	78.54	229.43	23394.67	297.87	301.58
30						10	78.54	233.39	23798.36	303.01	
31						10	78.54	234.82	23944.44	304.87	
32						10	78.54	231.75	23631.86	300.89	
33						10	78.54	232.16	23673.48	301.42	
34						10	78.54	230.67	23521.11	299.48	
35						10	78.54	230.60	23514.05	299.39	
36						10	78.54	233.50	23810.14	303.16	
37					10	78.54	232.59	23717.46	301.98		
38					10	78.54	233.91	23851.77	303.69		
39	C° Sustituido al 40 % del agregado fino por Vidrio	19/09/2020	08/11/2020	Inmersión de sulfato	10	78.54	226.35	23080.51	293.87	292.87	
40					10	78.54	223.20	22759.28	289.78		
41					10	78.54	224.66	22908.50	291.68		
42					10	78.54	223.43	22783.63	290.09		
43					10	78.54	224.04	22844.89	290.87		
44					10	78.54	210.94	21509.71	302.54		
45					10	78.54	224.10	22851.96	290.96		
46					10	78.54	225.60	23004.32	292.90		
47					10	78.54	226.35	23080.51	293.87		
48					10	78.54	224.99	22942.28	292.11		

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la Tabla 38, 39 y 40 se puede visualizar los resultados de la durabilidad del concreto en relación a la resistencia del sulfato en los 7, 28 y 50 días del concreto patrón y el concreto con adición de vidrio en 20% y 40% en reemplazo en el agregado fino, las muestras del laboratorio muestran que el concreto con adición de vidrio mejora la durabilidad del concreto debido que el concreto conserva su resistencia y en cuanto al concreto patrón tuvo un efecto negativo porque su resistencia disminuye respecto a los días que pasan por las reacciones químicas del sulfato de magnesio con el concreto.

4.5 Prueba t-student

La prueba de t- student permite probar la hipótesis planteado en la investigación, cuya finalidad nos permite comparar dos grupos y luego proceder a determinar la existencia diferencia de los grupos existentes.

Para la comprobación de hipótesis se debe determinar el “t calculado” y por consiguiente se procede a realizar la comparación con el “t crítico”, para la obtención de este valor se logra mediante la tabla de t-student que depende del grado de libertad y el porcentaje de confiabilidad (Generalmente para trabajos de investigación se ingeniería se utiliza el 95% de confianza, donde el α es de 0.05): Si se demostrara la existencia de diferencia de los 2 grupos, el “t calculado” > “t crítico”.

La fórmula del “t calculado” es:

$$t_{calc} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

\bar{X}_1 y \bar{X}_2 = Promedio de los grupos 1 y 2.

n_1 y n_2 = Cantidad de muestras 1 y 2.

S_1^2 y S_2^2 = Varianza de las muestras 1 y 2.

S_1 y S_2 = Desviación estándar de las muestras 1 y 2.

Para la obtención de “t crítico” se obtiene con el uso de nivel de significancia (α), se puede observar en la tabla 41 de la distribución de t-student.

Tabla 41: *Distribución de t-student*

$\alpha/2$ v	0.6	0.75	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995	0.9975	0.999	0.9995
1	0.325	1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.656	127.321	318.289	636.578
2	0.289	0.816	1.886	2.92	4.303	6.965	9.925	14.089	22.328	31.6
3	0.277	0.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.214	12.924
4	0.271	0.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.61
5	0.267	0.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.894	6.869
6	0.265	0.718	1.44	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.263	0.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.262	0.706	1.397	1.86	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.261	0.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.25	3.69	4.297	4.781
10	0.26	0.7	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.26	0.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.259	0.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.93	4.318
13	0.259	0.694	1.35	1.771	2.16	2.65	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.258	0.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.14
15	0.258	0.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.258	0.69	1.337	1.746	2.12	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.257	0.689	1.333	1.74	2.11	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.257	0.688	1.33	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.61	3.922
19	0.257	0.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.257	0.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.85
21	0.257	0.686	1.323	1.721	2.08	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.256	0.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.256	0.685	1.319	1.714	2.069	2.5	2.807	3.104	3.485	3.768
24	0.256	0.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.256	0.684	1.316	1.708	2.06	2.485	2.787	3.078	3.45	3.725
∞	0.256	0.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707

Fuente: Boris, Rojas, Guerrero, Roa y Rodríguez (2010).

4.5.1 Resistencia a la compresión

Para la comprobación de las hipótesis primero se debe plantear la hipótesis nula y alternativa.

H_i = La adición de vidrio reciclado disminuirá la resistencia a la compresión respecto al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ - Lima 2020.

H_o = La adición de vidrio reciclado no disminuirá la resistencia a la compresión respecto al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ - Lima 2020.

Finalmente se calcula el “ $t_{\text{calculado}}$ ” y “ $t_{\text{crítico}}$ ”, se debe considerar que los resultados se den independientemente de cada uno de los grupos a probar la hipótesis.

La aplicación de la técnica de t – student de la variable resistencia a la compresión a los 7 días se muestra en la tabla 40:

Tabla 42: *T – student del concreto patrón y con adición de vidrio en 20% y 40 % del agregado fino a los 7 días.*

Lecturas	Concreto Patrón	20% de vidrio	40 % de vidrio
1	221.04	209.29	220.38
2	228.82	224.93	210.52
3	216.29	205.64	195.05
4	216.74	223.97	201.60
\bar{X}	220.72	215.96	206.89
n	4	4	4
S	5.81	9.93	11.00
G. D. L	3	3	3
$t_{\text{calculado}}$		0.83	2.22

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la **Tabla 42** se tiene los datos correspondientes de la técnica t - student para poder realizar la debida aceptación o rechazo de la hipótesis nula que se planteó en la investigación para los 7 días con respecto al 20% y 40% de adición de vidrio para la resistencia a la compresión.

$$t_{calc} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Nivel de confianza : 95 %

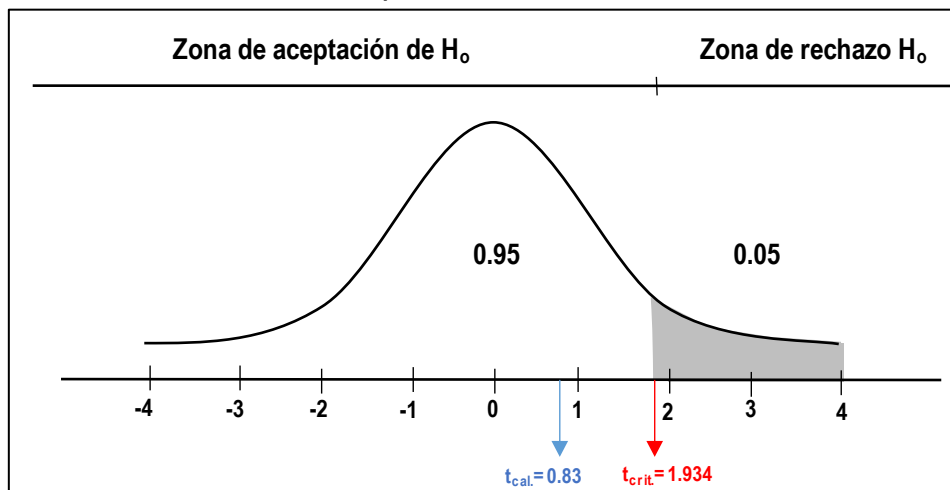
Grado de libertad de los dos grupos : 6

Para la obtención del “t crítica” nos ayudamos con la **tabla 41**, donde se obtiene:

$t_{critica} = 1.943$

Concluye 1 (Respecto al reemplazo del 20%).

Gráfico 07: Comprobación de hipótesis del 20% resistencia a la compresión, 7 días

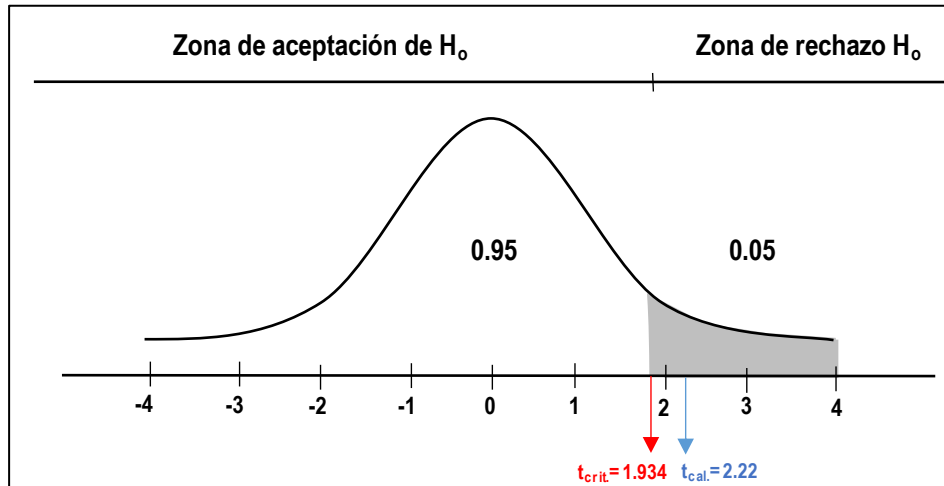


Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se concluye que se acepta la H_0 debido a que los resultados nos indican $t_{calculado} < t_{critico}$ se demuestra que disminuye la resistencia a la compresión del concreto al añadir el 20% de vidrio en reemplazo de la arena.

Concluye 2 (Respecto al reemplazo del 40%).

Gráfico 08: Comprobación de hipótesis del 40% resistencia a la compresión, 7 días.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se rechaza la H_0 debido a que $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$ se demuestra que el concreto con adición de vidrio en 40% disminuye la resistencia a la compresión.

La aplicación de la técnica de t – student de la variable resistencia a la compresión a los 28 días se muestra en la tabla 43:

Tabla 43: T – student del concreto patrón y con adición de vidrio en 20% y 40 % del agregado fino a los 28 días.

Lecturas	Concreto Patrón	20% de vidrio	40 % de vidrio
1	294.15	301.81	290.11
2	299.34	292.23	294.87
3	298.77	297.47	287.19
\bar{X}	297.42	297.17	290.72
n	3	3	3
S	2.85	4.80	3.88
G. D. L	2	2	2
$t_{\text{calculado}}$		0.08	2.41

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la Tabla 43 se tiene los datos correspondientes de la técnica t- student para poder realizar la debida aceptación o rechazo de la hipótesis nula que se planteó en la investigación para los 28 días con respecto al 20% y 40% de adición de vidrio para la resistencia a la compresión.

$$t_{calc} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Nivel de confianza de : 95 %

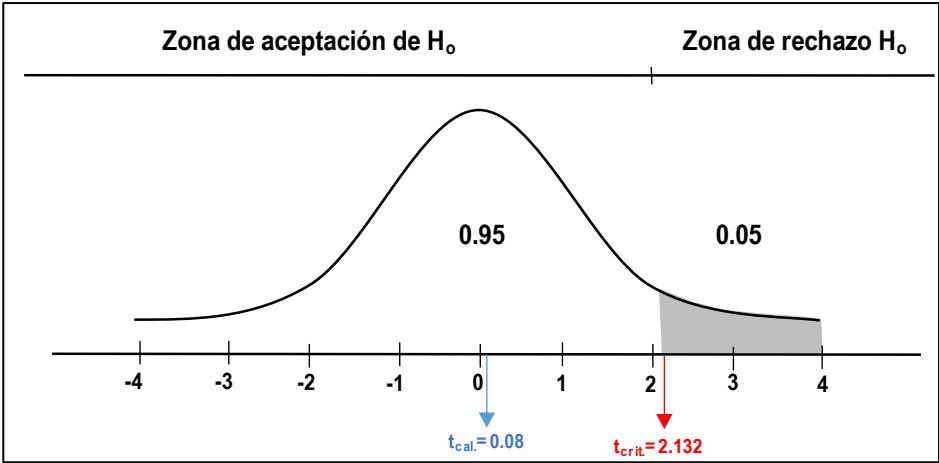
Grado de libertad de los dos grupos : 4

Para la obtención del “t critica” nos ayudamos con la **tabla 41**, donde se obtiene:

$t_{critica} = 2.132$

Concluye 1 (Respecto al reemplazo del 20%).

Gráfico 09: Comprobación de hipótesis del 20% resistencia a la compresión, 28 días

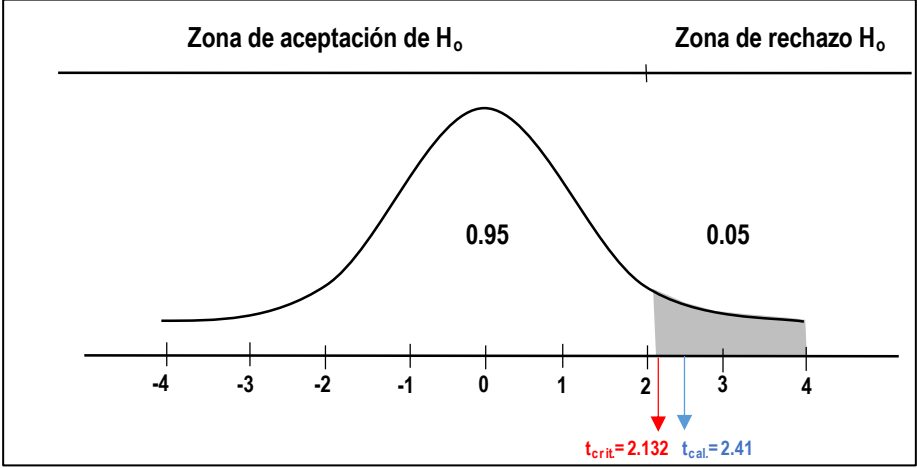


Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se concluye que se acepta la H_0 debido a que los resultados nos indican $t_{calculado} < t_{critico}$ se demuestra que no hay disminución de resistencia a la compresión del concreto al añadir el 20% de vidrio en reemplazo de la arena.

Concluye 2 (Respecto al reemplazo del 40%).

Gráfico 10: Comprobación de hipótesis del 40% resistencia a la compresión, 28 días



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se rechaza la H₀ debido a que $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$ se demuestra que el concreto con adición de vidrio en 40% disminuye la resistencia a la compresión a los 28 días.

La aplicación de la técnica de t – student de la variable resistencia a la compresión a los 50 días se muestra en la tabla 44:

Tabla 44: *T – student del concreto patrón y con adición de vidrio en 20% y 40 % del agregado fino a los 50 días.*

Lecturas	Concreto Patrón	20% de vidrio	40 % de vidrio
1	321.70	317.55	292.57
2	317.52	321.70	293.38
3	319.97	314.38	291.94
4	318.13	319.24	291.57
5	-	321.70	293.32
6	-	321.70	295.36
7	-	313.68	293.32
8	-	312.90	292.54
9	-	313.36	294.66
10	-	321.70	296.57
\bar{X}	319.33	317.79	293.52
n	4	10	10
S	1.89	3.88	1.57
G. D. L	3	9	9
t _{calculado}		0.74	26.30

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la **Tabla 44** se tiene los datos correspondientes de la técnica t- student para poder realizar la debida aceptación o rechazo de la hipótesis nula que se planteó en la investigación para los 50 días con respecto al 20% y 40% de adición de vidrio para la resistencia a la compresión.

$$t_{calc} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Nivel de confianza de : 95 %

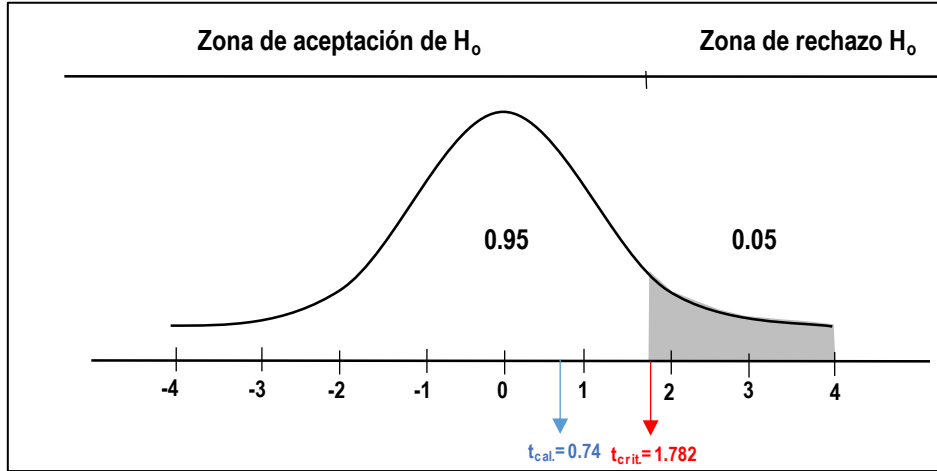
Grado de libertad de los dos grupos : 12

Para la obtención del “t crítica” nos ayudamos con la **tabla 41**, donde se obtiene:

$$t_{crítica} = 1.782$$

Concluye 1 (Respecto al reemplazo del 20%).

Gráfico 11: *Comprobación de hipótesis del 20% resistencia a la compresión, 50 días*

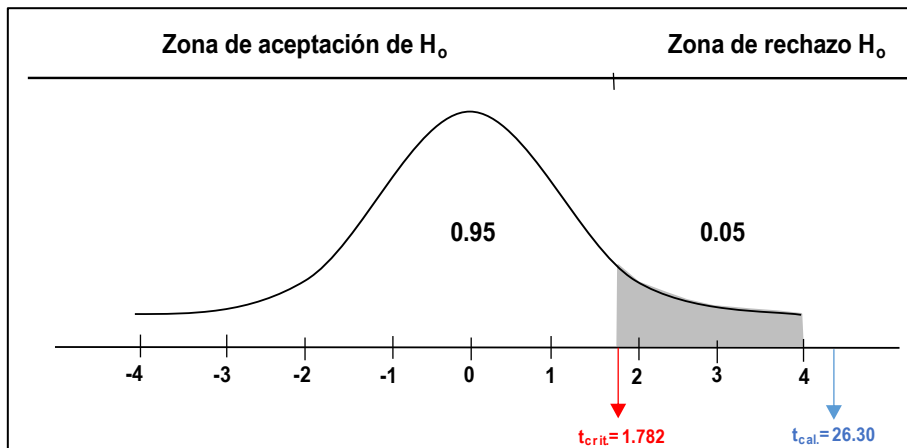


Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se concluye que se acepta la H₀ debido a que los resultados nos indican $t_{calculado} < t_{crítico}$ se demuestra que no hay disminución de resistencia a la compresión del concreto al añadir el 20% de vidrio en reemplazo de la arena.

Concluye 2 (Respecto al reemplazo del 40%).

Gráfico 12: *Comprobación de hipótesis del 40% resistencia a la compresión, 50 días*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se rechaza la H_0 debido a que $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$ se demuestra que el concreto con adición de vidrio en 40% tiene una disminución de resistencia a la comprensión a los 50 días.

4.5.1 Durabilidad del concreto

Para la comprobación de las hipótesis primero se debe plantear la hipótesis nula y alternativa.

H_i = La adición de vidrio reciclado mejora la durabilidad respecto al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ frente a la exposición del sulfato - Lima 2020.

H_0 = La adición de vidrio reciclado no mejora la durabilidad respecto al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ frente a la exposición del sulfato - Lima 2020.

Finalmente se calcula el " $t_{\text{calculado}}$ " y " $t_{\text{crítico}}$ ", se debe considerar que los resultados se den independientemente de cada uno de los grupos a probar la hipótesis.

La aplicación de la técnica de t – student de la variable durabilidad el concreto a los 7 días se muestra en la tabla 45:

Tabla 45: *T – student del concreto patrón y con adición de vidrio en 20% y 40 % del agregado fino a los 7 días.*

Lecturas	Concreto Patrón	20% de vidrio	40 % de vidrio
1	206.25	223.77	200.85
2	200.29	208.43	213.25
3	196.73	215.78	184.35
4	195.90	202.86	206.80
\bar{X}	199.80	212.71	201.31
n	4	4	4
S	4.71	9.07	12.39
G. D. L	3	3	3
$t_{\text{calculado}}$		-2.53	-0.23

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la **Tabla 45** se tiene los datos correspondientes de la técnica t- student para poder realizar la debida aceptación o rechazo de a hipótesis nula que se planteó en la investigación para los 7 días con respecto al 20% y 40% de adición de vidrio para la durabilidad del concreto con respecto al grado de concentración de sulfato.

$$t_{calc} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Nivel de confianza de : 95 %

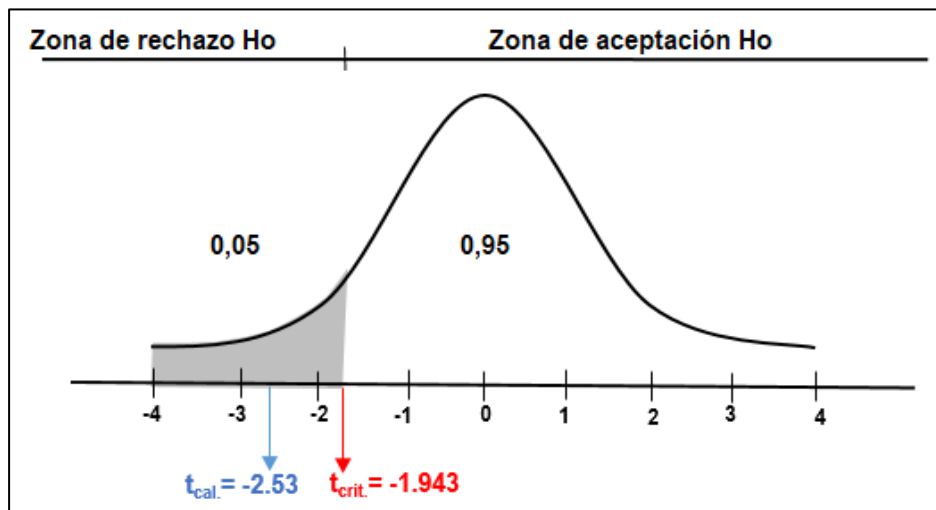
Grado de libertad de los dos grupos : 6

Para la obtención del “t critica” nos ayudamos con la **tabla 41**, donde se obtiene:

$t_{critica} = - 1.943$

Concluye 1(Respecto al reemplazo del 20%).

Gráfico 13: *Comprobación de hipótesis del 20% durabilidad del concreto frente a sulfato, 7 días*

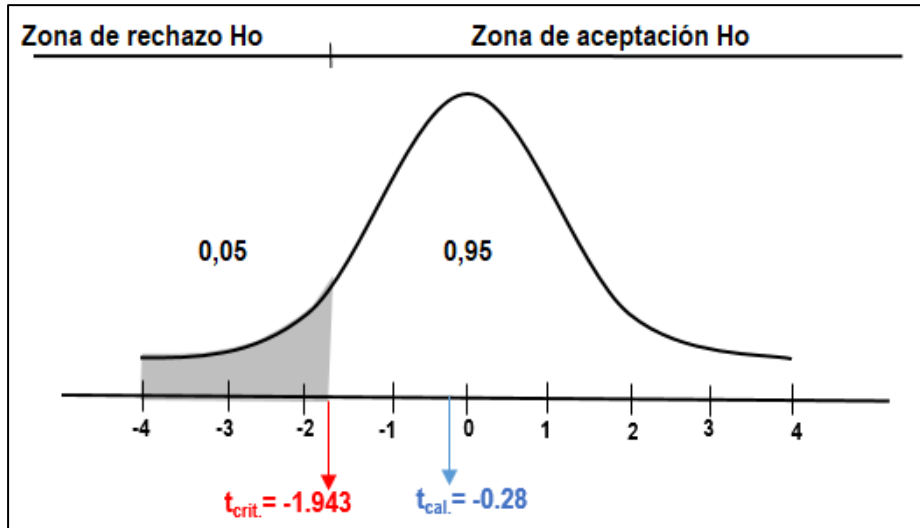


Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se concluye que se rechaza la H_0 debido a que los resultados nos indican $t_{calculado} < t_{critico}$ se demuestra que el concreto con adición de vidrio en 20% mejora la durabilidad del concreto.

Concluye 2 (Respecto al reemplazo del 40%).

Gráfico 14: Comprobación de hipótesis del 40% durabilidad del concreto frente a sulfato, 7 días.



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se acepta la H_0 debido a que $t_{\text{calculado}} > t_{\text{crítico}}$ se demuestra que el concreto con adición de vidrio en 40% no mejora la durabilidad del concreto.

La aplicación de la técnica de t – student de la variable durabilidad del concreto a los 28 días se muestra en la tabla 46:

Tabla 46: T – student del concreto patrón y con adición de vidrio en 20% y 40 % del agregado fino a los 28 días.

Lecturas	Concreto Patrón	20% de vidrio	40 % de vidrio
1	285.94	293.52	291.41
2	284.19	295.26	293.97
3	282.44	296.17	286.33
\bar{X}	284.19	294.99	290.57
n	3	3	3
S	1.75	1.35	3.89
G. D. L	2	2	2
$t_{\text{calculado}}$		-8.46	-2.59

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la **Tabla 46** se tiene los datos correspondientes de la técnica t- student para poder realizar la debida aceptación o rechazo de la hipótesis nula que se planteó en la investigación para los 28 días con respecto al 20% y 40% de adición de vidrio para la durabilidad del concreto con respecto al grado de concentración de sulfato.

$$t_{calc} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Nivel de confianza de : 95 %

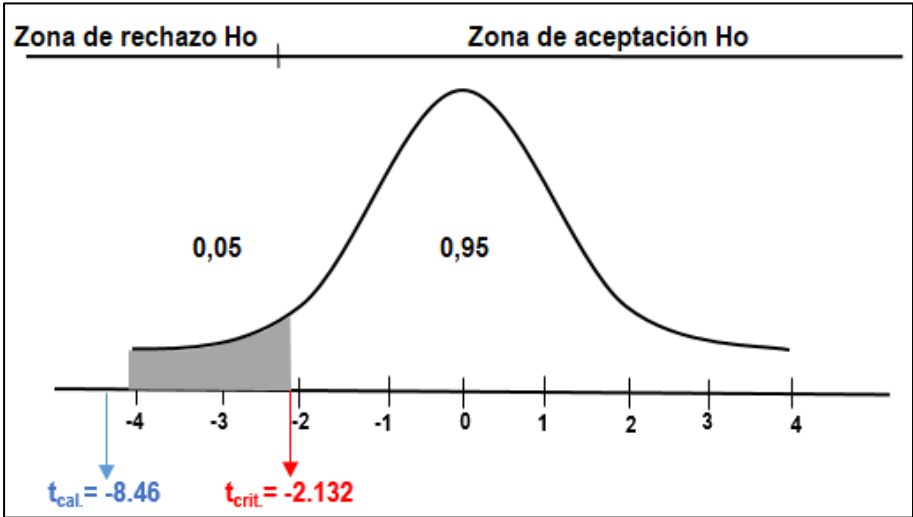
Grado de libertad de los dos grupos : 4

Para la obtención del “t critica” nos ayudamos con la **tabla 41**, donde se obtiene:

$t_{critica} = 2.132$

Concluye 1(Respecto al reemplazo del 20%).

Gráfico 15: *Comprobación de hipótesis del 20% durabilidad del concreto frente a sulfato, 28 días*

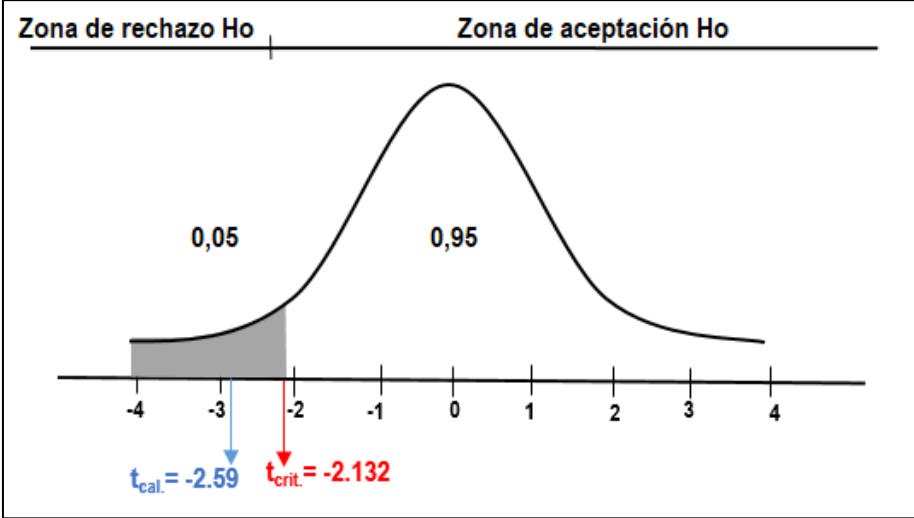


Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se concluye que se rechaza acepta la Ho debido a que los resultados nos indican $t_{calculado} < t_{critico}$ se demuestra que el concreto con adición de vidrio al 20 % mejora la durabilidad del concreto.

Concluye 2. (Respecto al reemplazo del 40%).

Gráfico 16: *Comprobación de hipótesis del 40% durabilidad del concreto frente a sulfato, 28 días*



Fuente: Elaboración propia, 2020

Se rechaza la H_0 debido a que $t_{calculado} < t_{crítico}$ se demuestra que el concreto con adición de vidrio en 40% mejora la durabilidad del concreto.

La aplicación de la técnica de $t - student$ de la variable durabilidad del concreto a los 50 días se muestra en la tabla 47:

Tabla 47: *T – student del concreto patrón y con adición de vidrio en 20% y 40 % del agregado fino a los 50 días.*

Lecturas	Concreto Patrón	20% de vidrio	40 % de vidrio
1	277.77	297.87	293.87
2	282.88	303.01	289.78
3	278.77	304.87	291.68
4	276.78	300.89	290.09
5	-	301.42	290.87
6	-	299.48	302.54
7	-	299.39	290.96
8	-	303.16	292.90
9	-	301.98	293.87
10	-	303.69	292.11
\bar{X}	279.05	301.58	292.87
n	4	10	10
S	2.68	2.20	3.69
G. D. L	3	9	9
t _{calculado}		-16.37	-6.75

Fuente: Elaboración propia, 2020.

En la **Tabla 47** se tiene los datos correspondientes de la técnica t- student para poder realizar la debida aceptación o rechazo de la hipótesis nula que se planteó en la investigación para los 50 días con respecto al 20% y 40% de adición de vidrio para la durabilidad del concreto con respecto al grado de concentración de sulfato.

$$t_{calc} = \frac{|\bar{X}_1 - \bar{X}_2|}{\sqrt{\frac{S_1^2(n_1 - 1) + S_2^2(n_2 - 1)}{n_1 + n_2 - 2} * \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}}$$

Nivel de confianza de : 95 %

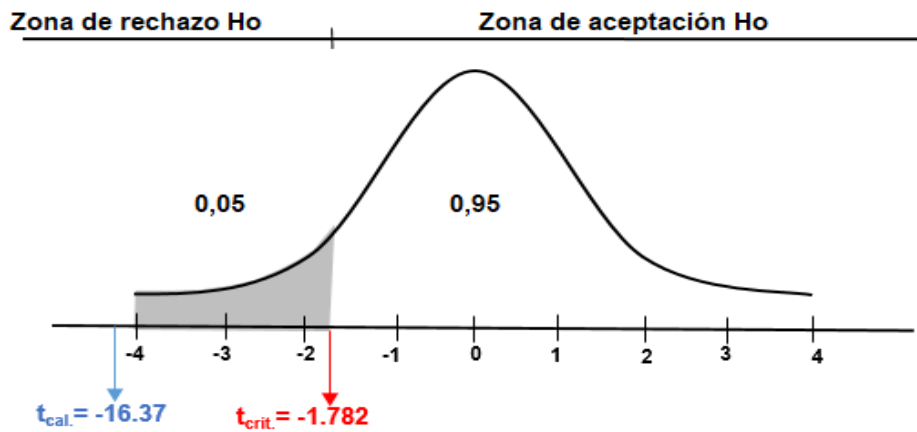
Grado de libertad de los dos grupos : 12

Para la obtención del “t critica” nos ayudamos con la **tabla 41**, donde se obtiene:

t_{critica} = -1.782

Concluye 1 (Respecto al reemplazo del 20%).

Gráfico 17: *Comprobación de hipótesis del 20% durabilidad del concreto frente a sulfato, 50 días.*

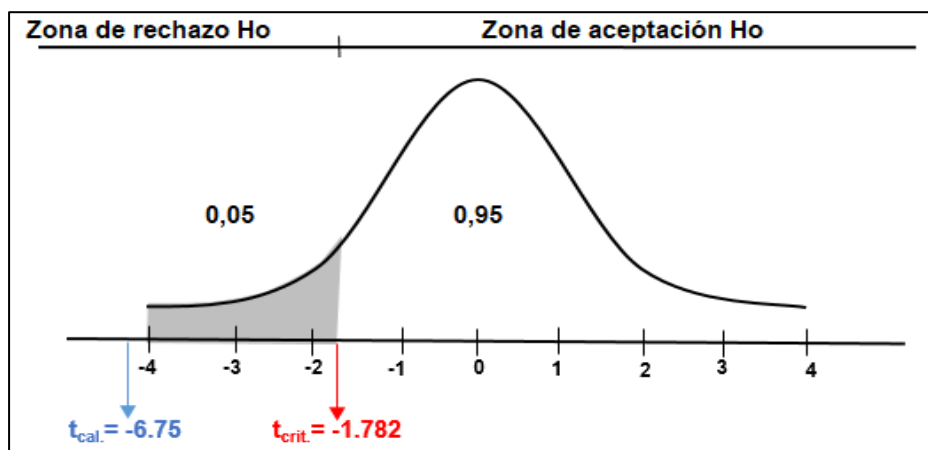


Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se concluye que se rechaza la H_0 debido a que los resultados nos indican $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ se demuestra que el concreto con adición de vidrio al 20 % mejora la durabilidad del concreto

Concluye 2 (Respecto al reemplazo del 40%).

Gráfico 18: *Comprobación de hipótesis del 40% durabilidad del concreto frente a sulfato, 50 días*



Fuente: Elaboración propia, 2020.

Se rechaza la H_0 debido a que $t_{\text{calculado}} < t_{\text{crítico}}$ se demuestra que el concreto con adición de vidrio en 40% mejora la durabilidad del concreto.

V. DISCUSIÓN

Asentamiento de slump

Según Daniela Peñafiel (2016) en su tesis obtuvo como resultado que el asentamiento se incrementaba con respecto al porcentaje de adición de vidrio, lo cual al realizar el ensayo en estado fresco para conocer el comportamiento de la trabajabilidad del concreto los resultados del asentamiento del concreto patrón y con adición de vidrio en 20 % y 40% del agregado fino fueron de los siguientes de 3", 3.2" y 4.5", lo que indica que a mayor proporción sea la adición de vidrio incrementa el asentamiento, pero podemos decir que se encuentra en el rango que fue diseñado el concreto cumpliendo la NTP 339.184.

Peso unitario del concreto en estado fresco

El peso unitario del concreto en estado fresco es muy importante para conocer la variación de pesos que existe del concreto patrón respecto al concreto con adición de vidrio en 20% y 40%, los respectivos resultados son 2583.72 kg/m³, 2573.93 kg/m³ y 2521.33 kg/m³ se muestra que los resultados a mayor adición de vidrio disminuyen en una mínima diferencia respecto al concreto patrón.

Peso unitario del concreto en estado endurecido

Peso unitario después del curado normal

El peso unitario del concreto en estado endurecido es muy importante para conocer la variación de pesos que existe del concreto patrón respecto al concreto con adición de vidrio en 20% y 40%, los respectivos resultados son 2518.47 kg/m³, 2515.28 kg/m³ y 2490.30 kg/m³ se muestra que los resultados a mayor adición de vidrio disminuyen en una mínima diferencia respecto al concreto patrón. Podemos decir que los pesos del concreto con adición de vidrio está dentro rango como lo norma lo establece.

Peso unitario después de la exposición del sulfato

El peso unitario del concreto frente a la exposición del sulfato durante los 28 días produjo un efecto sobre el concreto se pudo apreciar manchas blancas o también llamado eflorescencia que se produjo por los compuestos solubles del sulfato de magnesio, produjo una mayor pérdida de masa el concreto patrón con un 0.56 % del concreto de curado normal y en cuanto a la adición de vidrio de 20% y 40% fue de 0.20% y 0.49%, brindando que la adición de vidrio al 20% conserva su peso.

Resistencia a la compresión

Según Sara de Castro y Jorge de Brito (2013), en su artículo científico donde realizó el diseño de concreto con diferentes proporciones menores al 20% de reemplazo al agregado fino obtuvo como resultado que el concreto con adición de vidrio presenta menores resistencias con respecto al concreto convencional siendo la adición del 20% el que presento mejor conservación de su resistencia, lo cual en el presente trabajo de investigación se realizó el mismo ensayo de resistencia a la compresión para conocer la variación de la resistencia que se presenta entre el concreto patrón y los de adición de vidrio como parte del agregado fino dando como resultado que el concreto con adición del 20% de vidrio no posee diferencia notoria con respecto al concreto patrón, sin embargo, el concreto con la adición del 40% presento una baja resistencia a la compresión en comparación con el concreto patrón.

Durabilidad del concreto

Según Kim, is, Choi, Sy y Yang (2018), en su trabajo de investigación concluye que el mejor comportamiento fue la adición de vidrio en 50% en reemplazo al agregado fino, obteniendo una mínima pérdida de resistencia en 4% sin embargo el concreto patrón tuvo una pérdida de 15% lo cual se manifiesta que mejora durabilidad del concreto la adición de vidrio y conserva su resistencia en los ataques químicos. Comparando con nuestro resultado podemos manifestar que la adición de vidrio en 20% tuvo una mejora de durabilidad del concreto respecto al concreto convencional siendo esta que mayor tiempo de exposición tuvo mayor pérdida de resistencia.

VI. CONCLUSIONES

- Se analizó la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto con la adición de vidrio reciclado donde se evidenció que el concreto óptimo de adición de vidrio es el 20% debido a que los resultados que se obtuvo en la resistencia a la compresión no presentaba diferencia notoria respecto al concreto patrón; sin embargo, los resultados que se obtuvo del ensayo de durabilidad presentó una mayor resistencia a los sulfatos de magnesio respecto al concreto patrón, por lo que el uso del vidrio reciclado conserva su resistencia y mejora la durabilidad del concreto respecto al concreto patrón.
- Se determinó la resistencia a la compresión del concreto con adición de vidrio reciclado en 7, 28 y 50 días, se evidenció que los resultados de la resistencia a la compresión del 20% de adición de vidrio dieron como resultado 215.96 kg/cm², 297.17 kg/cm² y 317.79 kg/cm² el cual se evidencia que no hay diferencia significativa respecto al concreto patrón y en cuanto al concreto de 40% de adición de vidrio dieron como resultado 206.89 kg/cm², 290.72 kg/cm² y 293.05 kg/cm² el cual se evidencia que disminuye la resistencia la compresión respecto al concreto patrón.
- Se determinó la durabilidad del concreto con adición de vidrio reciclado frente a la exposición del sulfato de magnesio en 7, 28 y 50 días, el cual se evidencio que los resultados del concreto patrón dieron 199.80 kg/cm², 284.19 kg/cm² y 279.05 kg/cm² el cual muestra datos menores respecto al curado normal del concreto patrón, en cuanto al concreto con adición de vidrio con mejor comportamiento fue el 20% dando como resultado 212.71 kg/cm², 294.99 kg/cm² y 301.58 kg/cm² donde se muestra que conserva su resistencia y mejora la durabilidad del concreto respecto al concreto patrón.

VII. RECOMENDACIONES

- Para futuras investigaciones se sugiere emplear adiciones de vidrio menores al 20% en reemplazo al agregado fino para de esta conocer que adición de vidrio en reemplazo al agregado fino es más favorable para las propiedades del concreto en un estado fresco y en un estado endurecido.
- Se recomienda emplear para futuras investigaciones partículas más finas del vidrio reciclado ya que este material se comporta como un material puzolánico y podría mejorar las propiedades del concreto en un estado fresco y estado endurecido.
- Se recomienda a los estudiantes realizar estudios con vidrio reciclado y adiciones del material de humo de sílice para mejorar las propiedades de resistencia a la compresión, debido que en nuestra investigación tuvo una mínima diferencia en cuanto al reemplazo al 20% del agregado fino respecto a la propiedad de resistencia a la compresión.
- Se recomienda a los estudiantes realizar estudios sobre el vidrio reciclado en las propiedades de la durabilidad del concreto relacionado a la resistencia del hielo y deshielo, carbonatación, abrasión, penetración de ion de cloruro entre otros, para de esta manera conocer el efecto productivo del vidrio en la durabilidad del concreto.

REFERENCIAS

ANGUIANO PÉREZ, Francisco Javier. Evaluación del uso de un subproducto industrial a base de vidrios de borosilicato como filler para concretos autocompactables. 2015. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Nuevo León.

ARCINIEGAS LOPEZ, D; FONSECA CRISTANCHO, Alexander. Utilización De Vidrio Reciclado En Morteros. 2004. Tesis Doctoral. Universidad Industrial de Santander, Escuela De Ing. Civil.

BENCARDINO, Ciro Martínez. Estadística y muestreo. Colombia: Eco ediciones, 2012.

Componentes del vidrio [mensaje en un blog]. Raulswimmer (9 de octubre del 2012). [Fecha de consulta: 30 de abril del 2020]. Recuperado de <http://raulswimmer.blogspot.com/2012/10/componentes-del-vidrio.html>

DÁVILA ELÍAS, Edgar Alejandro. Actualidad y desarrollo del uso del vidrio en la construcción. 2012. Tesis Doctoral. Universidad de San Carlos de Guatemala

DE CASTRO, S. y DE BRITO, J. (2013). “Evaluación de la durabilidad del concreto hecho con agregados de vidrio triturado” en diario de producción más limpia, vol. 41, s.n., pág. 7–14.

DUFFAU, B., ROJAS, F., Guerrero, I., ROA, L., Rodríguez, L., Soto, M., Sandova L., S. (2010), Aspectos generales de la validación de métodos. Santiago de Chile, Chile

El vidrio [mensaje en un blog] Miriam (mayo del 2013). [Fecha de consulta 18 de mayo del 2020]. Recuperado de <http://tecomiriamruiz.blogspot.com/p/2pagina.html>

HENDI, A., BEHAVAN, A., MOSTOFINEJAD, D., MOSHTAGHI, S y REZAYI, K. (2017). “Implementación de ANN para minimizar la corrosión del hormigón de los sistemas de alcantarillado con sustitución de perlas de vidrio” en construcción y materiales de construcción, vol. 138, s.n., pág. 441–454.

KIM, IS, CHOI, SY y YANG, EI (2018). “Evaluación de la durabilidad de los residuos de vidrio sustituido de peso pesado como agregado fino” en Construcción y materiales de construcción, vol. 184, s.n., pág. 269–277

LIMBACHIYA, M (2009). “Ingeniería a granel y propiedades de durabilidad del hormigón de arena de vidrio lavado” en construcción y materiales de construcción, vol.23, N° 02, pág. 1078-1083.

LÓPEZ, Tessy; LÓPEZ, Ana Martínez. El mundo mágico del vidrio. Fondo de Cultura Económica, 2012.

Metodología de la investigación científica [mensaje en un blog]. Chiclayo: Borjas, M., (17 mayo del 2015). [Fecha de consulta: 29 mayo del 2020]. Recuperado de https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil.

MOSTOFINEJAD, D., SEYED, H., FARZANEH, H., TOGAY, O. y BAHAREH, N. (2020). “Durability of concrete containing recycled concrete coarse and fine aggregates and milled waste glass in magnesium sulfate environment” en Journal of Building Engineering, vol.1, s.n., pág. 1-47.

NORMA, N. T. P. 339.034 (2008) HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas de concreto.

OCHOA TAPIA, Luis Miguel. Evaluación de la influencia del vidrio reciclado molido como reductor de agregado fino para el diseño de mezclas de concreto en pavimentos urbanos. 2018.

PEÑAFIEL CARRILLO, Daniela Alejandra. Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino. 2016. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil.

POMA ARIZA, Julio Alberto. Análisis y diseño para la elaboración de concreto $f'c=210$ kg/cm² adicionando vidrio reciclado molido como agregado fino según la Norma ACI 211. Lima 2019. 2019.

Reglamento nacional de edificaciones. ICG.3 de noviembre del 2016. Disponible en: <https://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm>

TAN, KH y Du, H. (2013). Uso de residuos de vidrio como arena en el mortero: Parte I - Propiedades frescas, mecánicas y de durabilidad. Compuestos de cemento y concreto, 35 (1), 109-117. doi: 10.1016 / j. cemconcomp.2012.08.028

TANG, Z., LI, W., KE, G., ZHOU, J., & TAM, V. (2019). "Sulfate attack resistance of sustainable concrete incorporating various industrial solid wastes" in Journal of Cleaner Production, vol. 218, s.n., pág. 810-822.

TAMANNA, N., TULADHAR, R. Y SIVAKUGAN, N. (2020). "Rendimiento de la arena de vidrio reciclada como reemplazo parcial de arena en concreto" en Construction and Building Materials, vol. 239, s.n., pág. 117- 125.

TAMAYO, Mario, el proceso de la investigación científica. 4^a. ed. Mexico. Limmusa, 1995. 175pp.

ISBN:968-18-5872-7

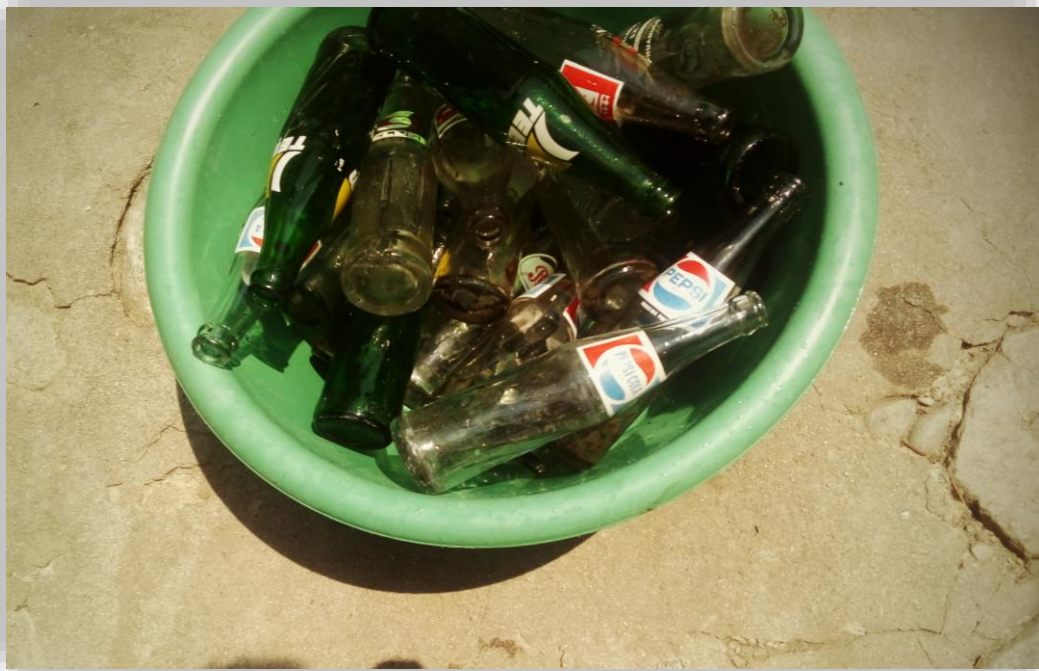
WANG, H.-Y. (2009) Un estudio de los efectos de la arena de vidrio LCD en las propiedades del hormigón. Waste Management, 29 (1), 335–341. doi: 10.1016 / j. wasman.2008.03.005

WANG, H., y HUANG, W. (2010) Durabilidad del hormigón autoconsolidable con residuos de vidrio LCD. Construcción y materiales de construcción, vol. 24, n° 06, pág. 1008-101.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020.							
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	
¿Cuál será el comportamiento de la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020?	Analizar la resistencia a la compresión y la durabilidad el concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado Lima - 2020.	La adición de vidrio reciclado afectará en la resistencia a la compresión y la durabilidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ - Lima 2020.	Adición de vidrio reciclado	Propiedades físicas	Módulo de fineza	Adimensional	TIPO DE INVESTIGACIÓN Aplicada
					Contenido de humedad	%	
					Contenido de absorción	%	NIVEL DE INVESTIGACIÓN Explicativa
					Peso unitario suelto/varillado	kg/m^3	
					Peso específico	kg/m^3	
				Cantidad	0 % de reemplazo de agregado fino	kg	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Pre - experimental
					20 % de reemplazo de agregado fino	kg	
40 % de reemplazo de agregado fino	kg						
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES		
¿Cuál será el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020?	Determinar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de vidrio reciclado Lima - 2020.	La adición de vidrio reciclado disminuirá la resistencia a la compresión respecto al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ - Lima 2020.	Resistencia a la compresión	Propiedades físicas de los agregados	Módulo de fineza	Adimensional	POBLACIÓN Concreto con adición de vidrio
					Contenido de humedad	%	
					Contenido de absorción	%	MUESTRA 96 probetas
					Peso unitario suelto/varillado	kg/m^3	
					Peso específico	kg/m^3	
	Diseño de mezcla	Dosificación	Proporción	MUESTREO No probabilístico			
		Asentamiento slump	pulg.				
		Peso unitario	kg/m^3				
	Estado fresco	Tiempo de curado	días	TÉCNICAS Observación y análisis de documentos			
		Resistencia a la compresión	kg/cm^2				
Estado endurecido	Determinar la durabilidad del concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ con adición de vidrio reciclado frente a la exposición del sulfato Lima - 2020.	La adición de vidrio reciclado mejora la durabilidad del concreto respecto al concreto convencional $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ frente a la exposición del sulfato - Lima 2020.	Durabilidad del concreto	Resistencia por ataque del sulfato	Concentración de sulfato	ppm	INSTRUMENTOS Formatos estandarizados
					Tiempo de exposición	Días	
					Resistencia a la compresión	kg/cm^2	



Anexo 01: *Limpeza del vidrio reciclado para triturar como agregado fino*



Anexo 02: *La trituración del vidrio con herramientas manuales.*



Anexo 03: *Material del vidrio como agregado fino.*



Anexo 04: *Muestra del agregado grueso en el horno para determinar el contenido de humedad*



Anexo 05: *Pesado del agregado fino para el respectivo ensayo de contenido de humedad y granulometría.*



Anexo 06: *Pesado de la muestra de vidrio para realizar los respectivos ensayos.*



Anexo 07: *Realización del ensayo de la granulometría del agregado fino.*



Anexo 08: *Pesado de la muestra de vidrio para realizar los respectivos ensayos.*



Anexo 09: Realización del ensayo del peso unitario de los agregados y del vidrio triturado.



Anexo 10: Realización de la mezcla del concreto con el diseño calculado de un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.



Anexo 11: *Elaboración del ensayo en estado fresco del concreto, slump de 3".*



Anexo 12: *Elaboración de las probetas de concreto patrón y con adición de vidrio como parte del agregado fino en 20 % y 40%.*



Anexo 13: Realización de pesaje de las probetas en su estado fresco.



Anexo 14: Pesado del material el sulfato de magnesio para el respectivo mezclado con el agua.



Anexo 15: Mezclar el sulfato de magnesio con el agua para disolver el agente.



Anexo 16: Vaciar el sulfato disuelto en la fuente de curado para las probetas que se verán la durabilidad.



Anexo 17: *Curado de las probetas que serán sometidos a ataques de sulfato de magnesio.*



Anexo 18: *Se puede observar el curado normal de las probetas.*



Anexo 19: *Se puede observar el ensayo de la resistencia a la compresión de las probetas en curado normal*



Anexo 20: *Se puede observar la ruptura del concreto.*



INFORME DE ENSAYO

SOLICITA: Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
TESIS: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
LUGAR: Lima-Perú
FECHA: 14/09/2020
MATERIAL: Agregado fino CANTERA: Cantera Trapiche

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216 / NTP 339.127 (%)			
TARRO N°	1	3	PROMEDIO
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	750.5	787.5	--
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	748.7	780.9	--
PESO DEL TARRO (g)	250.5	285.7	--
PESO DEL AGUA (g)	6.8	6.6	--
PESO DE SUELO SECO (g)	493.2	495.2	1.4
CONTE. DE HUMEDAD (g)	1.4	1.3	

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428





INFORME DE ENSAYO

SOLICITA: Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
TESIS: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
LUGAR: Lima-Perú
FECHA: 14/09/2020
MATERIAL: Agregado grueso CANTERA: Cantera Trapiche

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216 / NTP 339.127 (%)			
TARRO N°	1	3	PROMEDIO
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	6,784.4	7,000.0	--
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	6,765.0	6,980.0	--
PESO DEL TARRO (g)	300.0	300.0	--
PESO DEL AGUA (g)	19.4	20.0	--
PESO DE SUELO SECO (g)	6,465.0	6,680.0	0.3
CONTE. DE HUMEDAD (g)	0.30	0.3	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C
Jorge Zapata Castillo
ING. CIVIL - CIP 68428



INFORME DE ENSAYO

SOLICITA: Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
TESIS: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
LUGAR: Lima-Perú
FECHA: 14/09/2020
MATERIAL: Vidrio triturado CANTERA: ..

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216 / NTP 339.127 (%)			
TARRO N°	1	3	PROMEDIO
PESO DEL TARRO + SUELO HUMEDO (g)	1,000.0	1,000.0	--
PESO DEL TARRO + SUELO SECO (g)	1,000.0	1,000.0	--
PESO DEL TARRO (g)	300.0	300.0	--
PESO DEL AGUA (g)	0.0	0.0	--
PESO DE SUELO SECO (g)	700.0	700.0	0.0
CONTE. DE HUMEDAD (g)	0.00	0.0	

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428





INFORME DE ENSAYO

SOLICITA: Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA

TESIS: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020

LUGAR: Lima-Peru

FECHA: 14/09/2020

MATERIAL: Agregado fino

CANTERA: Cantera Trapiche

PESOS UNITARIOS

(MTC E-203)

MUESTRA	PESO UNITARIO SUELTO		PESO UNITARIO COMPACTADO		
	1	2	1	2	3
A Peso Mat.+ Molde	7458.0	7410.0	8187.0	8269.0	8260.0
B Peso Molde	2927.0	2927.0	2927.0	2927.0	2927.0
C Peso de Material	4531	4483	5260	5342	5333
D Volumen del Molde	3217.0	3217.0	3217.0	3217.0	3217.0
E Peso Unitario	1408	1394	1635	1661	1658

PROMEDIO PUS	1401
PROMEDIO PUC	1651

MATERIAL: Agregado Grueso

CANTERA: Cantera Trapiche

MUESTRA	PESO UNITARIO SUELTO		PESO UNITARIO COMPACTADO		
	1	2	1	2	3
A Peso Mat.+ Molde	30750.0	30750.0	32400.0	32450.0	33300.0
B Peso Molde	7523.0	7523	7523	7523	7523
C Peso de Material	23227	23227	24877	24927	25777
D Volumen del Molde	14729.9	14729.9	14729.9	14729.9	14729.9
E Peso Unitario Varilleado	1577	1577	1689	1692	1750

PROMEDIO PUS	1577
PROMEDIO PUC	1710

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428





SOLICITA: Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA

TESIS: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020

LUGAR: Lima-Perú

FECHA: 14/09/2020

MATERIAL: Vidrio triturado

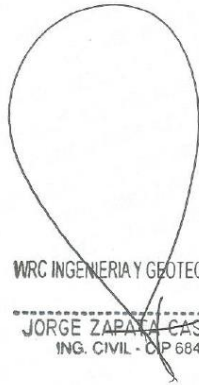
CANTERA: -

PESOS UNITARIOS

(MTC E-203)

MUESTRA	PESO UNITARIO SUELTO		PESO UNITARIO COMPACTADO		
	1	2	1	2	3
A Peso Mat. + Molde	6928.0	6880.0	7675.0	7648.0	7752.0
B Peso Molde	2927.0	2927.0	2927.0	2927.0	2927.0
C Peso de Material	4001	3953	4748	4721	4825
D Volumen del Molde	3217.0	3217.0	3217.0	3217.0	3217.0
E Peso Unitario	1244	1229	1476	1468	1500

PROMEDIO PUS	1236
PROMEDIO PUC	1481



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - O.P 68426





INFORME DE ENSAYO

SOLICITA: Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
TESIS: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
LUGAR: Lima-Peru
FECHA: 14/09/2020
MATERIAL: Agregado Grueso (MTC E 205, 206) CANTERA: Cantera Trapiche

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION ASTM C- 127						
MUESTRA		1	2	3	4	PROMEDIO
A	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AIRE) (g)	3000.00	3000.00	--	--	--
B	PESO MAT. SAT. SUP. SECA (EN AGUA) (g)	1990.00	1888	--	--	
C	VOL. DE MASA + VOL. DE VACIOS (cc)	1110.00	1112.00	--	--	
D	PESO MAT. SECO EN HORNO (105°C) (g)	2987.40	2987.7	--	--	
E	VOL. DE MASA (g)	1097.40	1089.7	--	--	
F	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA) (g/cc)	2.69	2.687	--	--	2.689
G	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) (g/cc)	2.70	2.698	--	--	2.700
H	PESO ESPECIFICO APARENTE (BASE SECA) (g/cc)	2.72	2.717	--	--	2.720
I	% DE ABSORCION	0.42	0.41	--	--	0.42

MATERIAL: Agregado Fino CANTERA: Cantera Trapiche

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION ASTM C- 127						
MUESTRA		1	2	3	4	PROMEDIO
A	PESO MAT. SSS. (g)	250.00	500.00	--	--	--
B	PESO FIOLA CALIBRADA CON AGUA (g)	675.50	675.50	--	--	
C	PESO FIOLA CAL. CON AGUA + PESO MAT. SSS. (g)	925.50	1175.50	--	--	
D	PESO DEL MAT. + PESO FIOLA + H ₂ O (g)	831.00	987.00	--	--	
E	VOL. DE MASA -VOL. DE VACIOS (cc)	94.50	188.50	--	--	
F	PESO MAT. SECO EN HORNO (105°C) (g)	242.84	485.70	--	--	
G	VOL. DE MASA (g)	87.34	174.20	--	--	
H	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA) (g/cc)	2.57	2.577	--	--	2.573
I	PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) (g/cc)	2.65	2.653	--	--	2.65
J	PESO ESPECIFICO APARENTE (BASE SECA) (g/cc)	2.78	2.788	--	--	2.784
K	% DE ABSORCION	2.95	2.944	--	--	2.95



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



INFORME DE ENSAYO

SOLICITA: Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
TESIS: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
LUGAR: Lima-Perú
FECHA: 14/09/2020
MATERIAL: Vidrio Triturado
(MTC E 205, 206)

PESO ESPECIFICO Y ABSORCION ASTM C- 127				
MUESTRA	1	2	4	PROMEDIO
A PESO MAT. SSS. (g)	250.00	250.00	--	--
B PESO FIOLA CALIBRADA CON AGUA (g)	688.00	687.00	--	
C PESO FIOLA CAL. CON AGUA + PESO MAT. SSS. (g)	918.00	917.00	--	
D PESO DEL MAT. + PESO FIOLA + H ₂ O (g)	818.00	817.00	--	
E VOL DE MASA +VOL DE VACIOS (cc)	100.00	100.00	--	
F PESO MAT. SECO EN HORNO (105°C) (g)	250.00	250.00	--	
G VOL DE MASA (g)	100.00	100.00	--	
H PESO ESPECIFICO BULK (BASE SECA) (g/cc)	2.50	2.50	--	2.500
I PESO ESPECIFICO BULK (BASE SATURADA) (g/cc)	2.50	2.50	--	2.50
J PESO ESPECIFICO APARENTE (BASE SECA) (g/cc.)	2.50	2.50	--	2.500
K % DE ABSORCION	0.00	0.000	--	0.00



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
J
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



INFORME DE ENSAYO

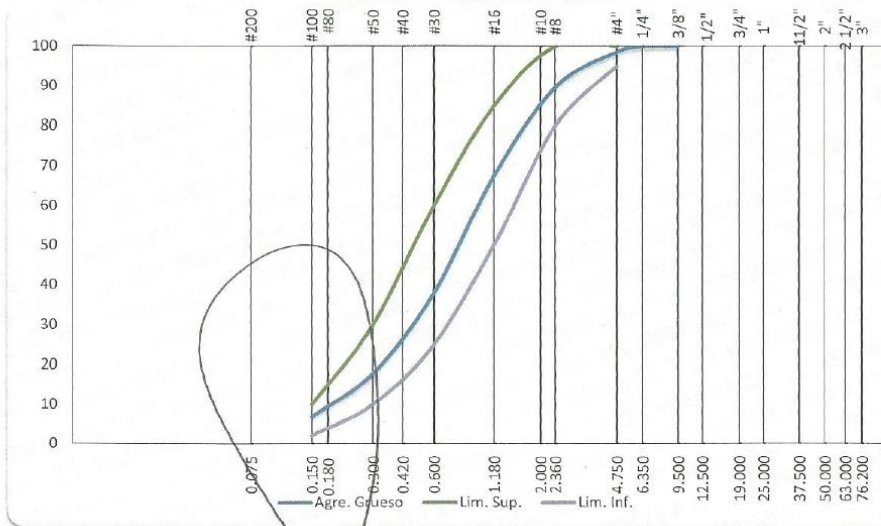
SOLICITA: Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
 TESIS: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
 LUGAR: Lima-Peru
 FECHA: 14/09/2020
 MATERIAL: Agregado fino CANTERA: Cantera Trapiche

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM C 136 / ASTM C 117)

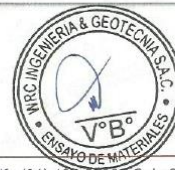
TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	PESO Retenido	PORCENTAJE			HUSO #		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			Retenido	Acumul.	Pasante			
3/8"	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100	Peso Humedo 501.8
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0			Peso Seco 495.2
# 4	4.750	7.0	1.4	1.4	98.6	95	100	
# 8	2.360	44.0	8.9	10.3	89.7	80	100	Cont. Humedad 1.3 %
# 16	1.180	110.0	22.2	32.5	67.5	50	85	Modulo de fineza 2.8
# 30	0.600	146.0	29.5	62.0	38.0	25	60	
# 50	0.300	100.0	20.2	82.2	17.8	10	30	Observaciones
# 100	0.150	54.0	10.9	93.1	6.9	2	10	
# 200	0.075	25.0	5.1	98.2	1.8			
>200		9.0	1.8	100.0	0.0			
		495.0						

CURVA GRANULOMETRICA



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CP 68428





INFORME DE ENSAYO

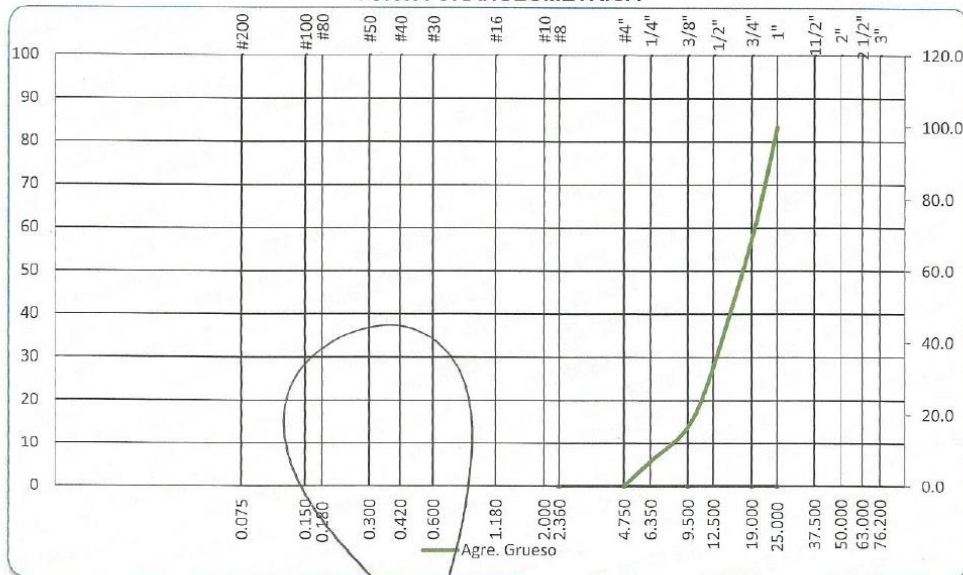
SOLICITA: Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
 TESIS: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
 LUGAR: Lima-Peru
 FECHA: 14/09/2020
 MATERIAL: Agregado grueso CANTERA: Cantera Trapiche

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM C 136 / ASTM C 117)

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	PESO	PORCENTAJE			HUSO #		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
			Retenido	Acumul.	Pasante			
1"	25.000		0.0	0.0	100.0	95	100	Peso Humedo 6484.4
3/4"	19.000	1993.0	30.8	30.8	69.2			Peso Seco 6465.0
1/2"	12.500	2318.0	35.9	66.7	33.3	25	60	Cont. Humedad 0.300 %
3/8"	9.500	1075.0	16.6	83.3	16.7			Tam. Max. Nominal: 3/4"
1/4"	6.350	625.0	9.7	93.0	7.0			<
# 4	4.750	454.0	7.0	100.0	0.0	0	10	
# 8	2.360		0.0	100.0	0.0			
>200			0.0	0.0	100.0			
		6465.0						

CURVA GRANULOMETRICA



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428





INFORME DE ENSAYO

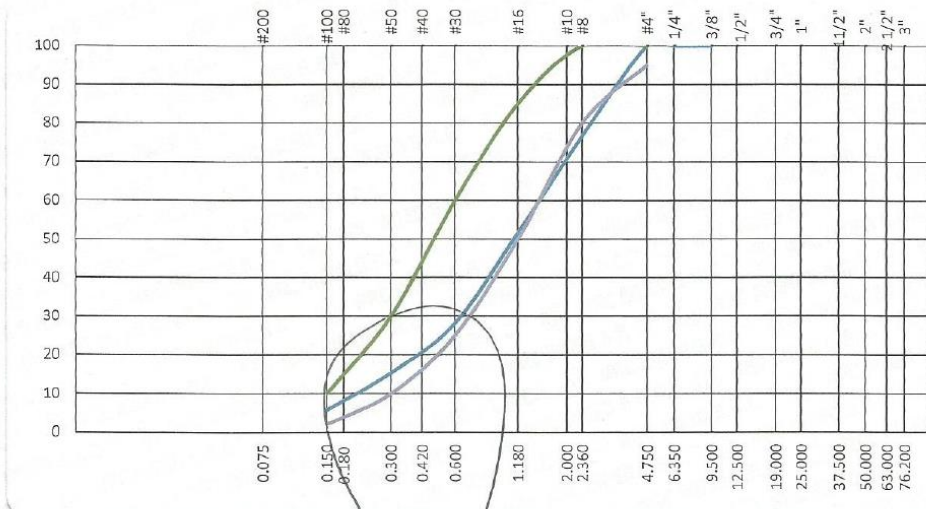
SOLICITA: Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
TESIS: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
LUGAR: Lima-Peru
FECHA: 14/09/2020
MATERIAL: Vidrio triturado CANTERA: --

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM C 136 / ASTM C 117)

TAMIZ ASTM	ABERTURA mm	PESO Retenid.	PORCENTAJE			HUSO #		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
			Retenido	Acumul.	Pasante			
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100	Peso Humedo 1000.0
1/4"	6.350	0.00	0.0	0.0	100.0			Peso Seco 1000.0
# 4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0	95	100	
# 8	2.360	232.90	23.3	23.3	76.7	80	100	Cont. Humedad 0.0 %
# 16	1.180	249.86	25.0	48.3	51.7	50	85	Modulo de fineza 3.2
# 30	0.600	235.85	23.6	71.9	28.1	25	60	
# 50	0.300	127.86	12.8	84.7	15.3	10	30	Observaciones
# 100	0.150	95.71	9.6	94.2	5.8	2	10	
# 200	0.075	36.71	3.7	97.9	2.1			
>200		21.00	2.1	100.0	0.0			
		999.9						

CURVA GRANULOMETRICA



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428





INFORME DE ENSAYO

SOLICITA: Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
TESIS: Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
LUGAR: Lima-Perú
FECHA: 21/09/2020

PROPIEDADES DEL CONCRETO FRESCO (ASTM C 143/ NTP 339.035)			
PROPIEDAD DENOMINACIÓN	PORCENTAJE DE VIDRIO		
	0%	20%	40%
TRABAJABILIDAD	B	B	B
ASENTAMIENTO (PUL)	3.0 ''	3.2 ''	4.5 ''
HOMOGENIDAD	MB	MB	MB

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 66428





INFORME DE ENSAYO

SOLICITA : Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
TESIS : Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
LUGAR : Lima - Perú
MATERIAL : Peso unitario del concreto en estado fresco
FECHA : 21/09/2020

PEO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO (ASMT C138 y NTP 339.046)							
Muestras		Datos					
Probetas	% vidrio	Peso del molde vacío (kg)	Peso concreto + molde (kg)	Peso del concreto fresco (kg)	Volumen	Peso unitario (kg/m^3)	Promedio (kg/m^3)
1	0%	0.215	4.285	4.070	0.002	2591.04	2583.72
2		0.210	4.21	4.000	0.002	2546.48	
3		0.210	4.242	4.032	0.002	2566.85	
4		0.213	4.277	4.064	0.002	2587.22	
5		0.206	4.295	4.089	0.002	2603.14	
6		0.210	4.262	4.052	0.002	2579.58	
7		0.241	4.347	4.106	0.002	2613.96	
8		0.210	4.265	4.055	0.002	2581.49	
9		0.212	4.25	4.038	0.002	2570.67	
10	20%	0.212	4.229	4.017	0.002	2557.30	2573.93
11		0.238	4.336	4.098	0.002	2608.87	
12		0.212	4.21	3.998	0.002	2545.21	
13		0.213	4.2	3.987	0.002	2538.20	
14		0.242	4.2	3.958	0.002	2519.74	
15		0.211	4.39	4.179	0.002	2660.43	
16		0.218	4.288	4.070	0.002	2591.04	
17		0.237	4.17	3.933	0.002	2503.83	
18	0.239	4.182	3.943	0.002	2510.19		
19	40%	0.168	4.274	4.106	0.002	2613.96	2521.33
20		0.215	4.113	3.898	0.002	2481.54	
21		0.215	4.139	3.924	0.002	2498.10	
22		0.207	4.122	3.915	0.002	2492.37	
23		0.212	4.162	3.950	0.002	2514.65	
24		1.397	5.412	4.015	0.002	2556.03	




WRC INGENIO Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



INFORME DE ENSAYO

SOLICITA : Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
TESIS : Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
LUGAR : Lima - Perú
MATERIAL : Peso unitario del concreto en estado endurecido
FECHA : 12/11/2020

Peso unitario del concreto en estado endurecido (50 días)						
Curado	Muestras		Datos			
	Probetas	% vidrio	Peso del concreto endurecido (kg)	Volumen (m ³)	Peso unitario (kg/m ³)	
Curado normal	1	0%	4.065	0.00157	2587.86	
	2		4.050	0.00159	2552.78	
	3		4.061	0.00158	2572.45	
	4		4.020	0.00157	2559.21	
Inmersión en sulfato	5		4.007	0.00157	2550.94	
	6		4.006	0.00158	2537.61	
	7		4.002	0.00157	2547.75	
	8		4.004	0.00157	2549.03	
Curado normal	9		20%	3.952	0.00157	2515.92
	10			3.954	0.00157	2517.19
	11	3.957		0.00157	2519.10	
	12	3.956		0.00157	2518.47	
	13	3.944		0.00157	2510.83	
	14	3.935		0.00157	2505.10	
	15	3.948		0.00157	2513.37	
	16	3.940		0.00157	2508.28	
	17	3.910		0.00157	2489.18	
	18	3.968		0.00157	2526.11	
Inmersión en sulfato	19	40%	3.969	0.00158	2514.17	
	20		3.970	0.00157	2527.38	
	21		3.969	0.00157	2526.74	
	22		3.984	0.00157	2536.29	
	23		3.967	0.00157	2525.47	
	24		3.967	0.00157	2525.47	
	25		3.956	0.00159	2493.53	
	26		3.945	0.00163	2413.94	
	27		3.995	0.00157	2543.30	
	28		3.944	0.00159	2485.97	
Curado normal	29	40%	3.920	0.00155	2533.55	
	30		3.925	0.00159	2473.99	
	31		3.929	0.00154	2552.07	
	32		3.914	0.00157	2491.73	
	33		3.871	0.00159	2439.96	
	34		3.915	0.00160	2443.26	
	35		3.910	0.00159	2464.54	
	36		3.970	0.00158	2514.81	
	37		4.164	0.00159	2611.71	
	38		4.140	0.00162	2558.09	
Inmersión en sulfato	39	40%	3.974	0.00159	2492.54	
	40		3.908	0.00154	2538.42	
	41		3.925	0.00155	2536.78	
	42		3.940	0.00158	2495.80	
	43		3.979	0.00159	2508.03	
	44		3.949	0.00158	2501.50	
	45		3.962	0.00157	2522.29	
	46		3.975	0.00163	2432.30	
	47		3.965	0.00158	2511.64	
	48		3.954	0.00158	2504.67	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



INFORME DE ENSAYO

SOLICITA : Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
 TESIS : Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
 LUGAR : Lima - Perú
 MATERIAL : Resistencia a la compresión
 FECHA : 12/11/2020

ENSAYO DE LA RESISTENCIA DE A LA COMPRESION (ASTM C39/C39M-17b)											
N° de testigos	Estructura	Fecha de rotura		Curado	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga		Resistencia obtenida F _c	Resistencia F _c Promedio
		Moldeo	Rotura					KN	Kgf		
1						10.0	78.54	170.25	17360.39	221.04	
2	C° PATRON	21/09/2020	28/08/2020	Normal	7	10.0	78.54	176.24	17971.19	228.82	220.72
3						10.0	78.54	166.59	16987.18	215.29	
4						10.0	78.54	166.94	17022.87	216.74	
5						10.0	78.54	161.20	16437.56	209.29	
6	C° Sust. 20 % AF x Vidrio	21/09/2020	28/09/2020	Normal	7	10.0	78.54	173.25	17666.30	224.93	215.96
7						10.0	78.54	158.39	16151.03	205.64	
8						10.0	78.54	172.51	17590.84	223.97	
9						10.0	78.54	169.74	17308.39	220.38	
10	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	21/09/2020	28/09/2020	Normal	7	10.0	78.54	162.15	16534.44	210.52	206.89
11						10.0	78.54	150.23	15318.95	195.05	
12						10.0	78.54	155.28	15833.90	201.60	
13						10.0	78.54	226.50	23102.32	294.15	
14	C° PATRON	25/09/2020	23/10/2020	Normal	28	10.0	78.54	230.56	23510.20	293.34	297.42
15						10.0	78.54	230.12	23465.34	298.77	
16						10.0	78.54	-	-	-	
17						10.0	78.54	232.46	23703.95	301.81	
18	C° Sust. 20 % AF x Vidrio	25/09/2020	23/10/2020	Normal	28	10.0	78.54	225.08	22951.41	292.23	297.17
19						10.0	78.54	229.12	23363.37	297.47	
20						10.0	78.54	-	-	-	
21						10.0	78.54	223.45	22785.20	290.11	
22	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	25/09/2020	23/10/2020	Normal	28	10.0	78.54	227.12	23159.43	294.87	290.72
23						10.0	78.54	221.20	22555.76	287.19	
24						10.0	78.54	-	-	-	
25						10.0	78.54	247.78	25266.40	321.70	
26	C° PATRON	23/09/2020	12/11/2020	Normal	50	10.0	78.54	244.56	24937.78	317.52	319.33
27						10.0	78.54	246.45	25130.51	319.97	
28						10.0	78.54	245.03	24985.91	318.13	
29						10.0	78.54	244.59	24940.46	317.55	
30	C° Sust. 20 % AF x Vidrio	23/09/2020	12/11/2020	Normal	50	10.0	78.54	247.78	25266.40	321.70	317.79
31						10.0	78.54	242.14	24691.49	314.38	
32						10.0	78.54	245.89	25073.19	319.24	
33						10.0	78.54	247.78	25266.40	321.70	
34	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	23/09/2020	12/11/2020	Normal	50	10.0	78.54	247.78	25266.40	321.70	293.52
35						10.0	78.54	241.61	24636.51	313.88	
36						10.0	78.54	241.00	24575.25	312.90	
37						10.0	78.54	241.36	24611.36	313.36	
38	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	23/09/2020	12/11/2020	Normal	50	10.0	78.54	247.78	25266.40	321.70	293.52
39						10.0	78.54	225.35	22978.54	292.57	
40						10.0	78.54	225.97	23042.15	293.38	
41						10.0	78.54	224.86	22929.06	291.94	
42	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	23/09/2020	12/11/2020	Normal	50	10.0	78.54	224.58	22900.00	291.57	293.52
43						10.0	78.54	225.92	23037.44	293.32	
44						10.0	78.54	227.49	23197.66	295.36	
45						10.0	78.54	225.92	23037.44	293.32	
46	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	23/09/2020	12/11/2020	Normal	50	10.0	78.54	225.32	22978.18	292.54	293.52
47						10.0	78.54	226.96	23142.68	294.66	
48						10.0	78.54	228.43	23292.70	296.57	
49						10.0	78.54	228.43	23292.70	296.57	



WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428



INFORME DE ENSAYO

SOLICITA : Kenner, MELENDRES QUIQUIA y Jesus, LOAYZA SABOYA
 TESIS : Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020
 LUGAR : Lima - Perú
 MATERIAL : Durabilidad del concreto
 FECHA : 12/11/2020

ENSAYO DE LA DURABILIDAD (RESISTENCIA A LOS SULFATOS)											
N° de testigos	Estructura	Fecha de rotura		Curado	Edad (Días)	Diámetro (cm)	Área (cm ²)	Carga		Resistencia obtenida F _c (kg/cm ²)	Resistencia F _c Promedio (kg/cm ²)
		Moldeo	Rotura					KN	Kgf		
1	C° PATRON	21/09/2020	28/09/2020	Inmersión de sulfato	7	10	78.54	158.88	16198.95	209.25	199.80
2						10	78.54	154.27	15730.91	200.29	
3						10	78.54	151.53	15451.51	198.73	
4						10	78.54	150.89	15386.25	195.90	
5	C° Sust. 20 % AF x Vidrio	21/09/2020	28/09/2020	Inmersión de sulfato	7	10	78.54	172.35	17574.53	223.77	212.71
6						10	78.54	180.54	18370.28	238.43	
7						10	78.54	166.20	16947.41	215.78	
8						10	78.54	156.25	15932.81	202.86	
9	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	21/09/2020	28/09/2020	Inmersión de sulfato	7	10	78.54	154.70	15774.76	200.85	201.31
10						10	78.54	164.25	16748.57	213.25	
11						10	78.54	141.99	14478.72	184.35	
12						10	78.54	159.28	16241.79	208.80	
13	C° PATRON	25/09/2020	23/10/2020	Inmersión de sulfato	28	10	78.54	220.24	22457.87	285.94	284.19
14						10	78.54	218.89	22320.21	284.19	
15						10	78.54	217.54	22182.55	282.44	
16						10	78.54	-	-	-	
17	C° Sust. 20 % AF x Vidrio	25/09/2020	23/10/2020	Inmersión de sulfato	28	10	78.54	226.08	23053.38	293.52	294.99
18						10	78.54	227.42	23100.02	296.29	
19						10	78.54	228.12	23261.40	296.17	
20						10	78.54	-	-	-	
21	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	25/09/2020	23/10/2020	Inmersión de sulfato	28	10	78.54	224.45	22867.17	291.41	290.67
22						10	78.54	226.42	23068.05	293.97	
23						10	78.54	220.54	22488.48	286.33	
24						10	78.54	-	-	-	
25	C° PATRON	23/09/2020	12/11/2020	Inmersión de sulfato	50	10	78.54	213.94	21815.62	277.77	279.05
26						10	78.54	217.88	22216.96	282.88	
27						10	78.54	214.71	21984.16	278.77	
28						10	78.54	213.18	21737.87	276.78	
29	C° Sust. 20 % AF x Vidrio	23/09/2020	12/11/2020	Inmersión de sulfato	50	10	78.54	229.43	23394.67	297.87	301.58
30						10	78.54	233.39	23798.36	303.01	
31						10	78.54	234.62	23944.44	304.87	
32						10	78.54	231.75	23318.88	300.89	
33	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	23/09/2020	12/11/2020	Inmersión de sulfato	50	10	78.54	232.16	23673.48	301.42	301.58
34						10	78.54	230.67	23521.11	296.48	
35						10	78.54	230.60	23514.05	296.39	
36						10	78.54	233.50	23810.14	303.16	
37	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	23/09/2020	12/11/2020	Inmersión de sulfato	50	10	78.54	232.59	23717.46	301.98	292.87
38						10	78.54	233.61	23851.77	303.69	
39						10	78.54	226.35	23080.51	293.87	
40						10	78.54	223.20	22759.28	289.78	
41	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	23/09/2020	12/11/2020	Inmersión de sulfato	50	10	78.54	224.66	22908.50	291.68	292.87
42						10	78.54	223.43	22783.63	290.09	
43						10	78.54	224.04	22844.89	290.87	
44						10	78.54	210.94	21509.71	302.54	
45	C° Sust. 40 % AF x Vidrio	23/09/2020	12/11/2020	Inmersión de sulfato	50	10	78.54	224.10	22851.96	290.96	292.87
46						10	78.54	225.60	23004.32	292.90	
47						10	78.54	226.35	23080.51	293.87	
48						10	78.54	224.99	22942.28	292.11	




 WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
 JORGE ZAPATA CASTILLO
 ING. CIVIL - CIP 68428



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN JUICIO DE EXPERTO

TESIS:

I. DATOS GENERALES

1.1 ESPECIALIDAD: Ingenieros y técnicos especialistas del laboratorio WRC
INGENIERÍA & GEOTECNIA S.A.C.

1.2 Título de investigación:

Análisis de la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con la adición de vidrio reciclado - Lima 2020

1.3 Apellidos y nombres de los investigadores:

- Loayza Saboya, Jesus
- Melendres Quiquia, Kenner

Nota: Para cada pregunta se considera la escala de 0 a 4 donde.

- 1.- Regular
- 2.- Bueno
- 3.- Aceptable
- 4.- Excelente

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	REGULAR	BUENO	ACEPTABLE	EXCELENTE
		1	2	3	4
1. Claridad	Esta formulado con lenguaje adecuado y específico.		X		
2. Objetividad	Expresa el alcance de la investigación.			X	
3. Actualidad	Contribuye al avance de la ciencia, tecnología y desarrollo sostenible.			X	
4. Organización	Existe una organización lógica.		X		
5. Suficiencia	Comprende los aspectos de calidad.			X	



6. Consistencia	Basados en aspectos técnicos científicos.			X	
5. Coherencia	Entre los índices, indicadores y dimensiones.		X		
7. Metodología	La estrategia responde al propósito del diagnóstico.		X		
8. Pertinencia	El instrumento es funcional para el propósito de la investigación.			X	

Opinión:

FAVORABLE



NO FAVORABLE



DEBE MEJORAR



III. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN

3.1 Apellidos y Nombres del especialista:

Jorge Luis Zapata Castillo

Ing. Civil C.I.P: N°68428

3.2 Apellidos y Nombres del especialista:

Edgar Fernando Regalado Oblitas

Ing. Civil C.I.P: N°62719

3.3 Apellidos y Nombres del especialista:

Martin Correa Saldaña

Técnico de Mecánica de Suelos

Código N°0007001 - SENCICO

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C

JORGE ZAPATA CASTILLO
ING. CIVIL - CIP 68428

WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S A C

EDGAR FERNANDO REGALADO OBLITAS
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. 62719

Lima 28 setiembre del 2020

Martin Correa Saldaña

Técnico de Mecánica de Suelos



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC Nº 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LF - 011 - 2020

Area de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCC tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-3 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." Julio 2006

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente
CQD. LOS JAZMINES DE NARANJALIZA, H1 LOTE. 3 - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Fina
Temperatura	21.5 °C	21.5 °C
Humedad Relativa	56% HR	56% HR



9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en PUCP - Laboratorio de estructuras antisísmicas	Celda de Carga Código: PE-001 Capacidad: 150,000 kg.f	INF-LE-002-20
METROIL	TERMOHIGROMETRO DIGITAL BOECO	T-1695-2019

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de ± 2.0 °C.
- El equipo no indica clase sin embargo cumple con el criterio para máquinas de ensayo uniaxiales de clase de 1.0 según la norma UNE-EN ISO 7500-1.

Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
E-mail: ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN - MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 011 - 2020

Area de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia					
	%	F ₁ (kN)	F ₁ (kN)	F ₂ (kN)	F ₃ (kN)	F _{promedio} (kN)
10		100	99.9	99.9	99.5	99.8
20		200	200.6	200.8	200.7	200.7
30		300	300.8	301.3	301.2	301.1
40		400	401.2	401.3	401.2	401.2
50		500	501.6	501.7	501.5	501.6
60		600	601.5	601.6	601.4	601.6
70		700	701.6	701.7	701.7	701.6
80		800	801.9	802.1	802.2	802.1
90		900	901.1	900.9	900.3	901.0
100		1000	1001.0	1001.5	1001.4	1001.3
Retorno a Cero			0.0	-0.0	0.0	

Indicación del Equipo F (kN)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa σ (%)	
100	0.22	0.45	0.05	0.10	0.61
200	-0.36	0.10	-0.02	0.05	0.58
300	-0.36	0.17	0.03	0.03	0.58
400	-0.39	0.02	0.04	0.03	0.58
500	-0.31	0.03	0.03	0.02	0.57
600	-0.26	0.03	-0.02	0.02	0.58
700	0.23	0.01	0.01	0.01	0.57
800	-0.26	0.04	-0.02	0.01	0.58
900	-0.12	0.02	-0.02	0.01	0.57
1000	-0.13	0.05	0.01	0.02	0.58

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f₀) 0.00 %

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayegué
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730
E-mail : ventas@perutest.com.pe Web: www.perutest.com.pe



Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MM-0058-2020

Página 1 de 3

Expediente 20-0036
Solicitante WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C
Dirección Mz. H1 Lote. 3 Coo. Los Jazmines de Naranjal San Martín de Porres - Lima - Lima.

Instrumento de Medición BALANZA NO AUTOMATICA
Marca OHAUS
Modelo PA313
Número de Serie 8332090565
Procedencia CHINA
Tipo ELECTRONICA
Identificación NO INDICA
Capacidad Máxima 310 g
División de escala (d) 0.001 g
Div. de Verificación (e) 0.001 g
Capacidad Mínima 0.1 g
Clase de Exactitud I

Ubic. Del Instrumento LABORATORIO

Fecha de Calibración 2020-02-01

Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Edición tercera.

Trazabilidad

Se utilizaron patrones calibrados en el INACAL - Laboratorio Acreditado, con certificados de calibración: LM-528-2019

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Sello

Fecha de Emisión

Jefe del laboratorio de calibración
Santiago Lintop R.



2020-02-04



ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	27.6 °C
Humedad Rel.	Inicial	52 %

Final	27.7 °C
Final	52 %

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
E ₀ 0.01	0.010	0.0	0.0005	0.0000	0.100	0.0	0.0005	0.0000	0.001
0.1	0.100	0.0	0.0005	0.0000	1.000	0.0	0.0005	0.0000	0.001
1	1.000	0.0	0.0005	0.0000	10.000	0.0	0.0005	0.0000	0.001
10	10.000	0.0	0.0005	0.0000	50.000	0.0	0.0005	0.0000	0.001
50	50.000	0.0	0.0005	0.0000	100.000	0.0	0.0005	0.0000	0.002
100	100.000	0.0	0.0005	0.0000	150.001	0.0	0.0015	0.0010	0.002
150	150.000	0.0	0.0015	0.0010	200.001	0.0	0.0015	0.0010	0.002
200	200.001	0.0	0.0015	0.0010	250.001	0.0	0.0015	0.0010	0.003
250	250.001	0.0	0.0015	0.0010	310.001	0.0	0.0015	0.0010	0.003
310	310.001	0.0	0.0015	0.0010					

$$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_0$$

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{0.0002^2 + 0.00000056627930 R^2}$

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0.0000223060 R$

Nota:

L: Carga aplicada a la balanza.

I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.

E: Error encontrado

E₀: Error en cero.

E_c: Error corregido.

Observaciones

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva color verde con indicación "CALIBRADO".

La clase de la balanza y la capacidad mínima fueron determinadas según NMP-003-2009.

De la evaluación de los resultados se puede concluir que el equipo se encuentra APTO PARA SU USO.



Fin del documento



Laboratorio de Masa

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MM-0060-2020

Página 1 de 3

Expediente 20-0036
Solicitante WRC INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C
Dirección Mz. H1 Lote. 3 Co. Los Jazmines de Naranjal San Martín de Porres - Lima - Lima.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Instrumento de Medición BALANZA NO AUTOMATICA
Marca OHAUS
Modelo EC30
Número de Serie 8030020197
Procedencia CHINA
Tipo ELECTRONICA
Identificación NO INDICA
Capacidad Máxima 30000 g
División de escala (d) 1 g
Div. de Verificación (e) 1 g
Capacidad Mínima 50 g
Clase de Exactitud II

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Ubic. Del Instrumento LABORATORIO

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Fecha de Calibración 2020-02-01

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I.I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Edición tercera.

Trazabilidad

Se utilizaron patrones calibrados en el INACAL - Laboratorio Acreditado, con certificados de calibración: LM-528-2019; M-0925-2019; M-0926-2019; M-0188-2019; M-0189-2019; M-0727-2019.

Sello

Fecha de Emisión

Jefe del laboratorio de calibración
Santiago Llantop R.



2020-02-04



Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial	28.8 °C	Final	28.9 °C
Humedad Rel.	Inicial	51 %	Final	51 %

Medición Nº	Carga L1 = 15000 g			Carga L2 = 30000 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
2	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
3	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
4	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
5	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
6	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
7	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
8	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
9	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1
10	15000	0.4	0.1	30000	0.6	-0.1

Carga (g)	E _{max} - E _{min} (g)	e.m.p. (g)
15000	0.0	2
30000	0.0	3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

<table border="1"> <tr><td>2</td><td>5</td></tr> <tr><td>1</td><td>4</td></tr> <tr><td>3</td><td></td></tr> </table>	2	5	1	4	3		Temperatura	Inicial	28.9 °C	Final	29.1 °C
	2	5									
1	4										
3											
	Humedad Rel.	Inicial	51 %	Final	51 %						

Posición de las Cargas

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c					e.m.p. ± (g)
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1		10	0.5	0.0		10000	0.6	-0.1	-0.1	2
2		10	0.5	0.0		10000	0.4	0.1	0.1	2
3	10	10	0.5	0.0	10000	10000	0.3	0.2	0.2	2
4	g	10	0.5	0.0	g	10000	0.8	-0.3	-0.3	2
5		10	0.5	0.0		10000	0.6	-0.1	-0.1	2

* Valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$$

$$E_c = E - E_0$$