



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE VIDRIO MOLIDO EN LA
RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO,
TRUJILLO 2019

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA CIVIL

Autor:

Br. Ana Felicitas Chávez Silva

Asesor:

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

Trujillo – Perú

2019

DEDICATORIA

A Dios, por haberme permitido llegar a desarrollar mi carrera y protegerme cada día, por estar siempre conmigo para cualquier obstáculo en mi vida.

A mis padres: Luis Chávez y Casilda Silva, por todo el amor y apoyo que siempre me han brindado, por la motivación para seguir adelante. Gracias a los dos por todo el esfuerzo que han hecho para poder lograr esta meta.

A mi hermano Luis Chávez, por su apoyo en todo momento con el desarrollo de esta tesis, por darme la motivación para culminar esta investigación.

A mis tíos quienes me han brindado su apoyo y consejos durante toda mi carrera.

A mi compañero de vida Jeyson Otiniano, por el amor, apoyo y motivación constante para realizar esta tesis, por los consejos y haber estado presente para lograr esta meta.

Todo el trabajo hecho ha sido posible gracias a ellos.

AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios, que siempre está cuando lo necesito.

A mi profesor de tesis, el Ing. Villar Quiroz Josualdo Carlos, por brindarme los conocimientos necesarios para poder lograr la elaboración de esta tesis.

A mi asesor de tesis, el Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz, por haberme guiado y apoyado en el desarrollo y evaluación de esta tesis.

Al jurado, por haber sido amable y exigente para culminar con esta investigación.

Al Programa Nacional Beca 18, por darme la oportunidad de poder estudiar una carrera profesional, a las Srtas. Carmen Racchumi, Maribel Torres y Virginia Tirado por sus exigencias constantes y la motivación para realizar esta tesis.

A la Universidad Privada del Norte, por poner a disposición el laboratorio de Concreto y Estructuras para el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|-----------|
| DEDICATORIA | 2 |
| AGRADECIMIENTO | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | 6 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 8 |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | 9 |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN..... | 12 |
| 1.1 Realidad problemática..... | 12 |
| 1.1.1 Problema de investigación..... | 12 |
| 1.1.2 Antecedentes | 18 |
| 1.1.3 Bases teóricas..... | 24 |
| 1.1.3.1 Definición de Concreto:..... | 24 |
| 1.1.3.2 Definición de Pasta o pegante:..... | 25 |
| 1.1.3.3 Cemento Portland tipo 1:..... | 25 |
| 1.1.3.4 Características y funciones de los componentes: | 25 |
| 1.1.3.5 Fraguado del cemento: | 27 |
| 1.1.3.6 Curado: | 28 |
| 1.1.3.7 Dosificación de mezclas de concreto: | 28 |
| 1.1.3.8 Definición de Propiedad mecánica:..... | 28 |
| 1.1.3.9 Resistencia del concreto: | 28 |
| 1.1.3.10 Resistencia a compresión:..... | 28 |
| 1.1.3.11 Definición de Vidrio:..... | 29 |
| 1.1.3.17. Estadística | 32 |
| 1.1.4. Definición de términos básicos | 34 |
| 1.2 Formulación del problema..... | 34 |
| 1.3 Objetivos | 36 |
| 1.3.1 Objetivo general..... | 36 |
| 1.3.2 Objetivos específicos..... | 36 |
| 1.4 Hipótesis..... | 36 |
| 1.4.1 Hipótesis General..... | 36 |
| 1.4.2 Hipótesis Específicas:..... | 37 |

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA | 42 |
| 2.1. Tipo de investigación | 42 |
| 2.1.1. Operacionalización de variables | 42 |
| 2.1.2. Diseño de investigación..... | 42 |
| 2.2. Población y muestra | 43 |
| 2.2.1. Unidad de estudio..... | 43 |
| 2.2.2. Población | 44 |
| 2.2.3. Muestra..... | 44 |
| 2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos | 46 |
| 2.3.1. Técnicas y métodos | 46 |
| 2.3.2. Instrumentos de recolección de datos..... | 47 |
| 2.3.3. Instrumentos de análisis de datos | 47 |
| 2.4. Procedimiento | 48 |
| 2.4.1. Procedimiento de recolección de datos..... | 48 |
| 2.4.2. Procedimiento de análisis de datos..... | 64 |
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS..... | 66 |
| 3.1. Resultados de ensayos de caracterización: | 66 |
| 3.2. Diseño de mezcla método ACI 211: | 67 |
| 3.3. Ensayos del concreto en estado fresco: | 68 |
| 3.4. Ensayos a compresión de concreto: | 68 |
| 3.5. Prueba de hipótesis: | 74 |
| CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS..... | 87 |
| 4.1. Discusión | 87 |
| 4.2. Conclusiones..... | 92 |
| RECOMENDACIONES..... | 93 |
| REFERENCIAS..... | 94 |
| ANEXOS | 99 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| Tabla 1: Hipótesis General..... | 37 |
| Tabla 2: Hipótesis Específica 01 | 37 |
| Tabla 3: Hipótesis Específica 02 | 38 |
| Tabla 4: Hipótesis Específica 03 | 38 |
| Tabla 5: Hipótesis Específica 04 | 39 |
| Tabla 6: Hipótesis Específica 05 | 39 |
| Tabla 7: Hipótesis Específica 06 | 40 |
| Tabla 8: Hipótesis Específica 07 | 40 |
| Tabla 9: Hipótesis Específica 08 | 41 |
| Tabla 10: Operacionalización de las variables | 42 |
| Tabla 11: Unidad de estudio | 44 |
| Tabla 12: Valores de la Distribución Normal Estandarizada | 45 |
| Tabla 13: Cálculo de la muestra | 46 |
| Tabla 14: Resultados del agregado fino..... | 66 |
| Tabla 15: Resultados de agregado grueso | 66 |
| Tabla 16: Valores de diseño al pie de obra | 67 |
| Tabla 17: Cantidad de material para una probeta | 67 |
| Tabla 18: Cantidad de vidrio para 32 probetas por cada malla..... | 67 |
| Tabla 19: Resultados de ensayos del concreto en estado fresco | 68 |
| Tabla 20: Resultados Resistencia a Compresión a los 7 días de probetas Patrón | 68 |
| Tabla 21: Resultados Resistencia a Compresión a los 7 días Malla #8..... | 69 |
| Tabla 22: Resultados Resistencia a Compresión a los 7 días Malla #16..... | 70 |
| Tabla 23: Resultados Resistencia a Compresión a los 28 días probetas Patrón..... | 71 |
| Tabla 24: Resultados Resistencia a Compresión a los 28 días Malla #8..... | 72 |
| Tabla 25: Resultados Resistencia a Compresión a los 28 días Malla #16..... | 73 |
| Tabla 26: Análisis de resultados descriptivos de la Resistencia a Compresión a los 7 días Malla #8..... | 75 |
| Tabla 27: Análisis de la Normalidad de los resultados de Resistencia a los 7 días Malla #8 | 76 |
| Tabla 28: Análisis de Homogeneidad de Varianzas de valores de Resistencia a los 7 días Malla #8..... | 76 |
| Tabla 29: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de Resistencia a los 7 días Malla #8..... | 77 |
| Tabla 30: Análisis de resultados descriptivos de la Resistencia a Compresión a los 7 días Malla #16..... | 78 |
| Tabla 31: Análisis de la Normalidad de los resultados de Resistencia a los 7 días Malla #16 | 79 |
| Tabla 32: Análisis de la Homogeneidad de Varianzas de valores de Resistencia a los 7 días Malla #16 | 79 |
| Tabla 33: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de Resistencia a los 7 días Malla #16..... | 80 |
| Tabla 34: Análisis de resultados descriptivos de la Resistencia a Compresión a los 28 días Malla #8..... | 81 |
| Tabla 35: Análisis de Normalidad de los resultados de Resistencia a los 28 días Malla #8..... | 82 |
| Tabla 36: Análisis de la Homogeneidad de Varianzas de valores de Resistencia a los 28 días Malla #8 | 82 |
| Tabla 37: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de Resistencia a los 28 días Malla #8..... | 83 |
| Tabla 38: Análisis de resultados descriptivos de la Resistencia a Compresión a los 28 días Malla #16..... | 84 |
| Tabla 39: Análisis de Normalidad de los resultados de Resistencia a los 28 días Malla #16 | 85 |
| Tabla 40: Análisis de la Homogeneidad de Varianzas de valores de Resistencia a los 28 días Malla #16 | 85 |
| Tabla 41: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de Resistencia a los 28 días Malla #16..... | 86 |
| Tabla 42: Resumen de costos para un metro cúbico de concreto | 91 |
| Tabla 43: Resultados de Ensayo Granulométrico Agregado Grueso | 99 |
| Tabla 44: Resultados de ensayo Granulométrico Agregado Fino..... | 100 |
| Tabla 45: Resultados de Contenido de Humedad Agregado Grueso | 101 |
| Tabla 46: Resultados de Contenido de Humedad Agregado Fino | 102 |
| Tabla 47: Resultados Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso | 102 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 48: Resultados Peso Específico y Absorción del Agregado Fino | 103 |
| Tabla 49: Resultados Peso Unitario del Agregado Grueso | 103 |
| Tabla 50: Resultados Peso Unitario del Agregado Fino | 104 |
| Tabla 51: Datos de los materiales..... | 106 |
| Tabla 52: Comprobación de resultados..... | 108 |
| Tabla 53: Cantidad de material para probetas | 108 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 1: Formulación de un vidrio soda - cal (valores típicos) | 30 |
| Figura 2: Diseño de la Investigación | 43 |
| Figura 3: Instrumentos de recolección de datos | 47 |
| Figura 4: Procedimiento para recolección de datos | 48 |
| Figura 5: Valores de resistencia a compresión a los 7 días | 71 |
| Figura 6: Valores de resistencia a compresión a los 28 días | 74 |
| Figura 7: Gráfica de resultados de resistencia a compresión de la Malla #8 | 88 |
| Figura 8: Curva de resistencia a compresión a los 28 días de probetas patrón y probetas con vidrio molido . | 88 |
| Figura 9: Gráfica de resultados de resistencia a compresión de la malla #16..... | 89 |
| Figura 10: Curva de peso unitario del concreto en estado fresco | 90 |
| Figura 11: Curva Granulométrica Agregado Grueso | 100 |
| Figura 12: Curva Granulométrica Agregado Fino | 101 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1: Muestra Muestra..... | 45 |
| Ecuación 2: Contenido de Humedad | 51 |
| Ecuación 3: Peso Unitario del agregado | 53 |
| Ecuación 4: Peso Específico del agregado Grueso | 54 |
| Ecuación 5: % Absorción del Agregado Grueso | 54 |
| Ecuación 6: Peso específico del Agregado Fino..... | 56 |
| Ecuación 7: % Absorción del Agregado Fino | 56 |
| Ecuación 8: Factor F'_{cr} | 57 |
| Ecuación 9: Peso Unitario del Concreto | 62 |
| Ecuación 10: Resistencia a compresión de probetas cilíndricas | 64 |

RESUMEN

La investigación, tiene como objetivo determinar la influencia del tamaño de vidrio molido sobre la resistencia a compresión del concreto, reduciendo la contaminación utilizando residuos de vidrio. Se plantea el uso del vidrio residual como una alternativa para la elaboración del concreto, reemplazando el 30%, 40%, 50% y 60% para cada tamaño de agregado fino por los mismos porcentajes y tamaño de vidrio molido, con una relación de agua/cemento de 0.56. Se utilizó agregado fino con un módulo de finura de 2.71, cemento Pacasmayo Tipo I. Se realizaron los ensayos de caracterización para los agregados tales como granulometría, contenido de humedad, peso unitario suelto y compactado, peso específico y absorción. Los especímenes para el ensayo a compresión fueron cilíndricos de 4" de diámetro y 8" de altura. El diseño más óptimo se dio con el 60% de vidrio de la malla #8 sustituyendo por ese porcentaje y tamaño de agregado fino, con valores de una resistencia promedio a los 7 días de 205 kg/cm² y a los 28 días con una resistencia promedio de 249 kg/cm². Mientras más porcentaje de vidrio del tamaño de la abertura de la malla #8 reemplazando al agregado fino dio mejores resultados de resistencia a compresión.

ABSTRACT

The objective of the investigation is to determine the influence of the size of the ground glass on the compressive strength of the concrete, reducing the contamination using glass waste. The use of waste glass as an alternative to the manufacture of concrete is proposed, replacing 30%, 40%, 50% and 60% for each size of fine aggregate by the same percentages and size of ground glass, with a water / cement ratio of 0.56. Fine aggregate was used with a fineness modulus of 2.71, Pacasmayo Type I cement. Characterization tests were performed for aggregates such as granulometry, moisture content, loose and compacted unit weight, specific weight and absorption. The specimens for the compression test were cylindrical 4" in diameter and 8" in height. The most optimal design was given with 60% glass of the # 8 mesh substituting for that percentage and size of aggregate, with values of an average resistance to the 7 days of 204.39 kg/cm² and to the 28 days with an average resistance of 249.24 kg/cm². The more percentage of glass in the # 8 mesh replacing the fine aggregate gave better compression resistance.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad problemática

1.1.1 Problema de investigación

El sector construcción es relevante en el desarrollo de una ciudad ya que proporciona diversos elementos básicos tanto de infraestructura nacional como son: puentes, carreteras, complejos, estadios, hospitales, etc.; asimismo, infraestructuras de bienestar individual como viviendas, departamentos, entre otros; para ello, este sector utiliza insumos que proceden de diferentes industrias como acero, hierro, cemento, arena, madera y otros necesarios para la construcción. Cabe destacar que la industria de la construcción es el mayor empleador industrial del mundo y ejerce un efecto multiplicador en la economía, ya que por cada trabajo en dicho sector se generan dos o más trabajos en el mismo o en áreas relacionadas (Asociación Bancaria de Guatemala, 2015).

En México se realizó un estudio experimental para caracterizar las propiedades mecánicas, una de ellas fue la resistencia a compresión en concretos de peso normal, peso ligero y autocompactable con el fin de desarrollar ayudas de diseño que promuevan el uso de diferentes tipos de concreto. En este estudio se ensayaron 603 especímenes en forma de cilindros y vigas (Carrillo, Alcocer, & Aperador, 2013).

En Bogotá, Colombia, se desarrolló un estudio experimental evaluando la resistencia a compresión del concreto endurecido obtenido de cilindros desechados de un laboratorio; esto hace referencia al concreto que es enviado a las escombreras para reutilizarlo y generar un nuevo concreto, con el fin de disminuir la contaminación y acumulación de escombreras. El concreto desechado se utiliza como agregado reciclado, el cual sustituye al concreto natural (Vanegas & Robles, 2008).

En Valencia, España, se realizó una investigación donde se evaluó la resistencia a compresión del hormigón a temprana edad, midiendo a primeras horas (8, 10, 12, 24 y 48 horas) la resistencia a compresión, resistencia a tracción indirecta, módulo de deformación, retracción autógena (por secado y total) y determinación de pérdida de peso. En esta investigación se experimentó con 7 tipos de hormigones: 4 hormigones autocompactantes de dos tamaños de árido y 3 hormigones convencionales no vibrados, usándose solo un asentamiento (García , 2015).

En la ciudad de Lima, Perú, se realizó un análisis comparativo del concreto sin refuerzo, concreto reforzado con fibras de acero WIRAND FF3 y concreto reforzado con fibras de acero WIRAND FF4; comparando analíticamente las propiedades mecánicas, una de ellas la resistencia a compresión del concreto sin refuerzo respecto al concreto reforzado con ambos tipos de fibra de acero (Sotil & Zegarra, 2015).

En Trujillo, Perú, se realizó un estudio de la influencia de la relación volumétrica de arena y confitillo sobre las propiedades físicas y mecánicas de ladrillo de concreto para la construcción de muros con carga viva, caracterizando a los agregados, arena y confitillo mediante análisis de granulometría, contenido de humedad, contenido de material orgánico, absorción y peso específico. En este estudio se obtuvieron ladrillos de concreto de 5 huecos, con dimensiones de 24 cm de largo, 13 cm de ancho y 9 cm de altura. Se evaluó la resistencia a compresión en base a la NTP 339.604 y se obtuvo que la relación volumétrica idónea dentro del rango de cinco variables es la de 5.2, la cual dio una resistencia a compresión de 34.5 kg/cm^2 (Castillo & Viera, 2016).

Norma Técnica Peruana 339.034 (2008) establece el procedimiento adecuado para realizar la resistencia a compresión de probetas cilíndricas, las cuales son moldeadas de concreto endurecido, estos con un peso unitario mayor de 800 kg/cm^2 . Además, esta

norma detalla las normas con las que debe haber conformidad antes de realizar este ensayo. Asimismo, detalla los aparatos, el máximo diámetro del bloque y de la probeta, la indicación de la carga, los requerimientos de las probetas, explica el procedimiento en el cual presenta la tolerancia permisible para cada edad de ensayo. En esta norma se detallan los cálculos, y los tipos de fallas que se presentan durante o después del ensayo.

Cabrera (2014) comprobó que el vidrio constituye un buen sustituto del agregado, ya que tiene granulometría similar a este; permitiendo tener una distribución continua y adecuada en la mezcla para adoquines. En su investigación, afirmó que los adoquines fabricados con un 25 % y 50 % de vidrio de grano grueso presentan una mayor resistencia que aquellos sin vidrio; estos adoquines con cierto porcentaje de vidrio cumplen con el porcentaje de absorción establecido en la norma NTP 399.611. Por lo tanto, mencionó que al adicionar vidrio a la mezcla se genera un efecto positivo sobre la resistencia a la compresión axial.

Vargas (2015) evaluó el vidrio plano en los concretos, concluyó que los resultados de resistencia a compresión a los 28 días fueron similares en todas las mezclas que realizó, incluyendo la mezcla Patrón, por lo que consideró que el vidrio molido no afecta la resistencia en el concreto. En su investigación, el valor de la resistencia que obtuvo de todas las mezclas de concreto resultó mayor al que se describe en la ficha técnica del cemento utilizado; por lo tanto, el vidrio plano si mejoró la resistencia de los concretos, utilizándose como agregado fino.

García & Morales (2014) evaluaron el vidrio molido como sustituyente del 20% de cemento en probetas de concreto, las cuales tuvieron una resistencia máxima de 124 kgf/cm², lo cual representa una variación de 43.5 % en relación a la resistencia de la

muestra patrón. Por otro lado, mencionaron que estas probetas obtuvieron un asentamiento de 14 cm, el cual es mayor al obtenido en las probetas de concreto patrón; asumieron que la mezcla de concreto con vidrio tuvo un mayor contenido de humedad, influyendo así en la brusca disminución de la resistencia.

Observando los estudios que se han realizado con respecto a la adición de vidrio molido en el concreto, se puede concluir que este puede ser un buen constituyente en el concreto satisfaciendo las resistencias necesarias, si este se lo utiliza adecuadamente en reemplazo del material correcto, como es agregado grueso o fino; asimismo, puede aumentar la resistencia a compresión si se le añade el porcentaje adecuado de vidrio a la mezcla de concreto. En la tercera investigación mencionada no resultó beneficioso reemplazar el vidrio por 20% de cemento, por lo que dicha información es importante y sirve para realizar esta investigación sustituyendo el vidrio en otro componente del concreto.

En la actualidad, el sector construcción es considerado a nivel mundial dentro de las actividades más demandantes de mano de obra ejerciendo un efecto multiplicador en la economía. El Perú, se encuentra en el puesto N° 7 en Latinoamérica de acuerdo al ranking 2013 del tamaño del sector construcción en cuanto a bienes y servicios, el cual fue realizado por La Federación Interamericana de la Industria de la Construcción (PROMPERÚ, 2015). Con esta información se puede observar el valor que tiene la construcción en un país, por lo cual es importante utilizar materiales de calidad que cumplan con los requerimientos necesarios, y conocer las causas y problemas que estos presentan en su resistencia a compresión para buscar una solución.

Uno de los problemas que se pueden presentar es la poca resistencia del concreto, elemento primordial en el sector construcción. Rivera (s.f.) menciona que “es

importante que el concreto resista, sin deteriorarse con el tiempo, las condiciones para las cuales se ha proyectado” (pág. 155).

Este problema puede darse a causa del medio en el que se encuentra el concreto, causas externas como físicas, químicas o mecánicas, que tienen origen por condiciones atmosféricas, temperaturas extremas, abrasión, entre otros; el nivel de deterioro que tenga el concreto dependerá de su calidad. Las causas internas que conllevan a poca durabilidad son: la reacción álcali-agregado, cambios de volumen ocasionados por diferencias en las propiedades térmicas del agregado y pasta de cemento; asimismo, la permeabilidad del concreto es un factor determinante de la vulnerabilidad del concreto frente a agentes externos (Rivera, s.f.).

La resistencia a compresión del concreto se puede ver afectada también cuando se dejan de considerar las condiciones de servicio que soportará la estructura de concreto, realizar un diseño de mezcla inadecuado sin tomar en cuenta los requerimientos de durabilidad ni las propiedades y características de los agregados, usar los de tamaño inadecuado, omitir el control de calidad de los materiales que se utilizan para la mezcla.

Es importante realizar los estudios pertinentes de los materiales a usarse, ya que si no cuentan con las propiedades que especifican las normas para el diseño, las cuales deben proporcionar al concreto, este tendrá problemas en su resistencia. La negligencia de algunos profesionales también puede ser la causa para los problemas en el concreto que se usa en las edificaciones, cuando no se toma en cuenta el estudio adecuado siguiendo las normas establecidas, por lo que se presentan malos proyectos.

Con lo mencionado anteriormente, es importante realizar los estudios a los materiales que se emplean, utilizar materiales que proporcionen resistencia al concreto, seguir con la normativa establecida para lograr un concreto de calidad.

Es por ello que se quiere investigar la influencia del tamaño de vidrio molido en la resistencia a compresión del concreto, analizando si trae beneficio en su resistencia para poder utilizarlo en el sector de la construcción. Este constituiría un nuevo material para la producción de concreto, cabe resaltar que es un elemento reciclable.

En el caso de reemplazar el vidrio por cierto porcentaje y tamaño de agregado fino (arena), se busca investigar la influencia de este, analizando el comportamiento a compresión que resulta del ensayo, para en adelante considerarlo como sustituyente de cierto tamaño de arena. Esto ayudaría también a reducir costos, ya que no habría mucho gasto adicional para fortalecer la resistencia del concreto, utilizándose un material de desecho.

Al realizarse el presente proyecto, se está recurriendo a nuevas alternativas para realizar la mezcla de concreto, las cuales podrían solucionar los problemas presentes en la actualidad como son resistencia y contaminación ambiental; de esta manera no se seguiría utilizando los materiales convencionales de agua, cemento, agregados y en algunos casos aditivos. Asimismo, con esta investigación se está reduciendo el desecho de vidrio en el planeta, buscando la reutilización de este material en otras aplicaciones dentro del sector construcción, como es la elaboración de concreto sin afectar su resistencia.

Con las investigaciones realizadas anteriormente sobre este tema, se conoce que el vidrio es un material que puede proporcionar mayor resistencia a compresión, por lo cual se requiere realizar más estudios sobre ello para poder dar mayor factibilidad a

este material. En caso de no realizarse este estudio, no estaríamos proporcionando más información sobre la influencia que tiene el tamaño del vidrio a utilizarse en la resistencia a compresión del concreto, no habría un aporte más con las investigaciones ya realizadas, por lo cual se espera proporcionar la información necesaria para un posible empleo del vidrio como elemento del concreto en las futuras construcciones.

1.1.2 Antecedentes

“COMPARACIÓN DE LA RESISTENCIA DE ADOQUINES DE CONCRETO Y OTROS ELABORADOS CON VIDRIO RECICLADO, CAJAMARCA, 2014”

Cabrera (2014) comparó la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado. Se realizó el diseño de mezclas para cada porcentaje de vidrio y de acuerdo al tamaño nominal máximo del agregado, se detalla la elaboración de los adoquines. Al realizar los ensayos se verificó el cumplimiento de los requisitos mínimos de resistencia a la compresión, absorción y aspectos visuales (dimensiones, peso, textura y color) al reemplazar el agregado grueso por distintos porcentajes de vidrio molido en los pesos utilizados en las mezclas. Entre los adoquines fabricados con un porcentaje de vidrio, se puede afirmar que aquellos con un 25% y 50% de vidrio de grano grueso presentan una mayor resistencia que aquellos sin vidrio.

Este estudio aporta para la realización de esta investigación ya que menciona los porcentajes de vidrio que se utilizó, en este caso, como agregado grueso; y que resulta factible para realizar adoquines de concreto, por lo que se concluye que el vidrio si puede aumentar la resistencia del concreto como adoquín.

“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN AL EMPLEAR VIDRIO RECICLADO MOLIDO EN REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO”

Peñañiel (2016) analizó la resistencia a compresión de probetas cilíndricas de hormigón dosificadas para un $f'c$ de 210 kg/cm^2 empleando en su composición vidrio reciclado molido en granulometrías adecuadas reemplazando parcialmente al agregado fino. Se determinaron las propiedades de los áridos a emplear, provenientes de minas de material pétreo ubicadas en el Cantón Mera, provincia de Pastaza, verificando de esa manera que el ripio y arena a usarse en la dosificación cumplen los parámetros establecidos. Se ejecutó el ensayo de granulometría correspondiente a áridos finos, comprobando que los tamaños de partícula conseguidos están dentro de los límites otorgados por ASTM C33. Con estos antecedentes se procedió al cálculo de la dosificación para un hormigón con $f'c$ de 210 kg/cm^2 mediante el Método de la Densidad Máxima, consecutivamente se elaboraron 45 probetas cilíndricas de hormigón, se hicieron nuevas muestras para cada porcentaje de vidrio molido añadido a la mezcla, los porcentajes usados fueron 10%, 20%, 30% y 40% de vidrio reemplazando en peso a la arena, las probetas fueron curadas y ensayadas a compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, ensayando tres cilindros para cada porcentaje de vidrio adicionado a la mezcla, esto permitió conseguir resultados de resistencia a la compresión. Se evidencia tras los análisis que el porcentaje óptimo que mejora la resistencia al interactuar químicamente con el cemento es el 40% de vidrio molido en peso reemplazando a la arena, siendo éste el que permite obtener mayores resistencias a edades a partir de los 14 días donde se empiezan a dar las reacciones.

Este estudio aporta a la investigación mostrando un porcentaje óptimo de vidrio que se debe utilizar, y la edad a la que éste resulta beneficioso para la resistencia a la compresión. Sirve de base para realizar los estudios a edades avanzadas, tomando como referencia los porcentajes de vidrio.

“COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL CONCRETO REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO”

Huamán (2015) determinó cómo influye la adición de fibra de vidrio en diferentes porcentajes, en el incremento de la resistencia mecánicas del concreto. Se realizaron ensayos para comparar los valores entre un concreto Patrón y concreto con 0.125%, 0.25% y 0.5% de fibra de vidrio adicionada (porcentaje en volumen por metro cúbico de concreto). Se realizaron los ensayos a los 7 días, 14 días y 28 días. Se estudiaron las propiedades de trabajabilidad, peso unitario, resistencia a compresión, la tracción indirecta y resistencia a la flexión. La resistencia a la compresión obtenida en sus diferentes edades de 7 días, 14 días y 28 días fueron de 165.6 kg/cm^2 , 210.7 kg/cm^2 , y 235.2 kg/cm^2 respectivamente, utilizando una dosificación que incluye el 0.5% de fibra de vidrio adicionada.

Con este aporte de la investigación, sirve como base para saber que el vidrio aumenta la resistencia del concreto a edades más avanzadas, con un porcentaje adicionado en el concreto, asimismo, aporta los porcentajes que se utilizaron, por lo cual podemos tomar como referencia estos para la investigación.

“OBTENCIÓN DE ADOQUINES FABRICADOS CON VIDRIO RECICLADO COMO AGREGADO”

Hidalgo & Poveda (2013) obtuvieron adoquines con vidrio reciclado como agregado e investigar sus propiedades mecánicas. El vidrio es empleado en reemplazo parcial de los agregados tradicionales del hormigón. La mezcla utilizada en la fabricación de los adoquines se diseña en base a dos granulometrías de vidrio diferentes. Las proporciones al peso de la mezcla incluyen cinco, quince, veinticinco y treinta y cinco por ciento de vidrio. Se diseñaron tres mezclas con diferente relación agua-cemento (A/C). A partir de los resultados de resistencia a la compresión de los adoquines fabricados en base a estas mezclas se puede, de acuerdo a la recomendación, establecer la relación A/C que permite obtener la resistencia a la compresión deseada. Sobre la mezcla que produce adoquines que satisfacen la resistencia a la compresión requerida se fabrican los adoquines con las diferentes proporciones de vidrio fino y grueso. Se efectuaron ensayos de compresión para los adoquines obtenidos con los siguientes diseños de mezcla: dosificación de la empresa LOMSA S.A. o dosificación preliminar, distintas relaciones A/C o mezclas de prueba, mezcla base final; y para adoquines con 25 % de vidrio fino y 15% de vidrio grueso. En principio, se muestra como tendencia que la adición de vidrio, independiente del tamaño de grano del mismo, tiene efecto positivo sobre la resistencia a la compresión. Entre los adoquines fabricados con vidrio, se puede afirmar que aquellos con un 25% de vidrio de grano fino presentan una mayor resistencia a la compresión que aquellos con 15% de vidrio de granulometría gruesa.

Este estudio aporta para la investigación porque demuestra qué agregado es más factible reemplazar con cierto porcentaje de vidrio, observando que este actúa mejor como agregado fino, teniendo más resistencia que como agregado grueso en los adoquines.

“REUTILIZACIÓN DE VIDRIO PLANO COMO AGREGADO FINO EN LA ELABORACIÓN DE MORTEROS DE CEMENTO Y CONCRETOS”

Vargas (2015) determinó el comportamiento de la resistencia a la compresión de las mezclas de morteros y concretos con vidrio plano como parte del agregado fino. Se evaluaron 3 tipos de vidrios planos (reflectivo [V-R] e incoloro de 6 mm [V-I] y se realizaron 4 mezclas de morteros y 4 de concretos con una proporción definida de arena y vidrio molido como parte de agregados finos, se utilizó un tipo de vidrio distinto en cada mezcla y una mezcla patrón [P] para cada caso. Se realizaron fallas para conocer la resistencia a la compresión de los cubos de morteros y de los cilindros de concreto a los días 3, 7, 14, 28 y 56 de la realización de cada una de las mezclas, con cada tipo de vidrio. En los concretos, los resultados de resistencia a la compresión a la edad de 28 días dieron valores similares entre todas las mezclas realizadas incluyendo la mezcla Patrón, por lo que se considera que el vidrio molido no afecta al comportamiento de la resistencia en el concreto. Asimismo, el valor de resistencia obtenido por todas las mezclas de concreto fue mayor al descrito en la ficha técnica del cemento utilizado, por lo que vidrio sí puede aumentar la resistencia de los concretos si se utiliza como agregado fino.

Este estudio aporta información relevante a la investigación, ya que menciona que el vidrio como agregado fino si puede aumentar la resistencia del concreto, por lo que

esto sirve de base para poder realizar una correcta utilización del vidrio como posible sustituyente del agregado fino en el concreto.

“ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DEL VIDRIO MOLIDO EN HORMIGONES GRADO H15, H20, Y H30”

Catalan (2013) realizó ensayos de laboratorio para determinar el comportamiento mecánico de probetas de hormigón con distintas dosis de vidrio molido agregado en reemplazo de una parte del árido fino. Se confeccionaron mezclas de hormigón de prueba, de graduación H15, H20 y H30, con porcentajes variables de vidrio en reemplazo de una fracción de la arena. Las resistencias obtenidas se comparan con la resistencia de hormigones patrones, sin adición de vidrio. Transcurridos 28 días desde la fecha de elaboración de las probetas, se realizaron los ensayos a compresión para determinar la resistencia de las probetas de grado H15, H20 y H30; así poder observar la resistencia de cada probeta con cierto porcentaje de vidrio molido en el gráfico resistencia vs % de vidrio. Existe una tendencia, aunque en este caso ligero, a un aumento en la resistencia del hormigón, al incluir un 10% de vidrio en la mezcla, lo que corrobora estudios anteriores referentes al tema. Al incluir un porcentaje mayor en la mezcla, se tiende a una disminución de la resistencia, lo cual se explica en la naturaleza como material frágil del vidrio, en detrimento de la ductilidad deseada en hormigones.

Este estudio aporta significativamente ya que resultó factible la adición de cierto porcentaje de vidrio molido en el hormigón, el cual reemplazó una fracción de arena. Esto me sirve de base para realizar un mejor estudio aplicando varios porcentajes de vidrio, utilizarlo como arena en el concreto y determinar su resistencia.

“ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO F´C = 250 kgf/cm² SUSTITUYENDO 20% DE CEMENTO POR VIDRIO MOLIDO”

García & Morales (2014) analizaron la resistencia a la compresión de un concreto de $f'c$ 250 kg/cm² sustituyendo 20% del cemento Portland por vidrio molido. Para el concreto, se utilizó un diseño de mezcla $f'c$ 250 kg/cm² preestablecido por una concretera local; mediante el diseño de mezcla se realizó tanto la mezcla convencional como la mezcla modificada donde se sustituyó el 20% del peso del cemento Portland por vidrio molido, Las probetas de concreto modificado alcanzaron una resistencia máxima de 124 kgf/cm², valor que representa una variación del 43.5% con respecto a la resistencia de la mezcla patrón. Se determinó la resistencia a la compresión de una mezcla de concreto convencional y luego se procedió a comparar las características mecánicas de ambas mezclas; el ensayo realizado fue el de resistencia a la compresión a los 28 días.

Este estudio aporta a la investigación demostrando que el vidrio molido no resulta muy beneficioso siendo utilizado en reemplazo de cierta fracción de cemento, por lo cual sirve de base para utilizar este nuevo material en otro componente del concreto, y así poder aportar más información de su influencia.

1.1.3 Bases teóricas

1.1.3.1 Definición de Concreto:

El concreto o también llamado hormigón, puede definirse como una mezcla del material aglutinante, el cual es el cemento Portland Hidráulico, los agregados o áridos como material de relleno, agua y en algunos casos aditivos, que al endurecerse

forman como una piedra artificial; la cual después de cierto tiempo puede soportar grandes esfuerzos de compresión (Sánchez, 2001).

1.1.3.2 Definición de Pasta o pegante:

Según Sánchez (2001) dijo:

“El término pasta se refiere a la mezcla de cemento, agua, aire (naturalmente atrapado o intencionalmente incluido) y aditivos (cuando son añadidos).”

1.1.3.3 Cemento Portland tipo 1:

Este cemento es usado para obras de hormigón en general sin necesidad de que tenga propiedades especiales (Sánchez, 2001) .

1.1.3.4 Características y funciones de los componentes:

- Cemento:

El cemento que se utiliza para el concreto es el portland hidráulico, que cuenta con propiedades tanto adhesivas como cohesivas; estas propiedades le dan la capacidad de aglutinamiento entre los agregados o áridos para conformar el concreto. Las propiedades dependen de su composición química, grado de hidratación, calor de hidratación, finura de partículas, velocidad de fraguado y resistencia mecánica que llegue a desarrollar (Sánchez, 2001) .

- Agua:

Los cementos son hidráulicos porque poseen la propiedad de fraguar y endurecer al contacto con el agua; estos presentan una reacción química con ella, siendo el agua como el elemento que estando dentro del concreto, hidrata las partículas del cemento haciendo que desarrollen sus propiedades aglutinantes (Sánchez, 2001).

- Aire:

El aire que se encuentra incluido en la masa (aire naturalmente atrapado) se presenta debido al proceso de mezclado, lo cual es normal. Este aire es liberado posteriormente en los procesos de compactación a los que se somete al concreto cuando este ya ha sido colocado (Sánchez, 2001).

Funciones de la Pasta de cemento:

La pasta en estado plástico actúa como lubricante para los agregados, dando fluidez a la mezcla; esto permite la adecuada colocación y consolidación del concreto, ya que una mayor resistencia se da por un alto grado de confinamiento (Sánchez, 2001).

En estado sólido, la pasta de cemento cierra los espacios existentes entre partículas al aglutinarse; de esta manera se reduce la permeabilidad del concreto y se evita el desplazamiento interno del agua en la masa endurecida. Esto es crítico para aquellas estructuras hidráulicas o concreto que están expuestos a aguas agresivas, las cuales dañan la estructura de la masa, lo que conlleva a perder resistencia (Sánchez, 2001).

- Agregados o áridos:

Para concreto se considera agregados a aquellos materiales que poseen una resistencia propia, y no perturban ni afectan el proceso de endurecimiento del cemento hidráulico; garantizan una adherencia suficiente con la pasta de cemento endurecida. Según su origen, los agregados o áridos pueden ser naturales o artificiales (Sánchez, 2001).

Funciones de los agregados:

Los agregados actúan como material de relleno, lo cual hace más económica la mezcla. Estos en combinación de la pasta fraguada, proporcionan además parte de la

resistencia mecánica de compresión, ya que estos tienen una propiedad de resistencia que aportan al concreto (Sánchez, 2001).

- Aditivos:

Desde mediados de este siglo se ha desarrollado el uso de aditivos en el concreto, los cuales son diferentes al agua, agregados y cemento hidráulico. Los aditivos se utilizan en cementos y morteros, y son añadidos antes o durante el mezclado (Sánchez, 2001) .

Funciones de los aditivos:

Los aditivos pueden usarse para modificar las propiedades del concreto y adecuarlo para las condiciones del trabajo a las que se requiera (Sánchez, 2001).

1.1.3.5 Fraguado del cemento:

Con este término se describe el cambio del estado plástico al endurecido de la pasta de cemento. Aunque durante el fraguado haya cierta resistencia, es bueno distinguir el fraguado del endurecimiento, ya que el último hace referencia al aumento de la resistencia de la pasta fraguada. Cuando la mezcla de cemento es mezclada con cierta cantidad de agua, se forma una mezcla plástica, la cual se va perdiendo mientras pasa el tiempo, hasta llegar a perder viscosidad y elevar su temperatura. El tiempo que transcurre desde que se agrega el agua se le llama fraguado inicial, y el tiempo que transcurre cuando la pasta se vuelve rígida y llega a su máxima temperatura, se le llama tiempo de fraguado final, en el cual el cemento se encuentra más hidratado. Es aquí cuando empieza el endurecimiento y la estructura va alcanzando resistencia mecánica (Sánchez, 2001).

1.1.3.6 Curado:

El curado es el conjunto de condiciones que se necesitan para que la hidratación de la pasta evolucione sin problema alguno, hasta que el cemento llegue a hidratarse y el concreto obtenga sus propiedades potenciales (Sánchez, 2001).

1.1.3.7 Dosificación de mezclas de concreto:

Significa determinar la combinación más práctica y económica del cemento, agua, agregados y en ciertos casos aditivos, con el objetivo de tener una mezcla con la manejabilidad que se requiera y las características de resistencia y durabilidad necesarias para el tipo de trabajo en el que se utilizará (Rivera, s.f.).

1.1.3.8 Definición de Propiedad mecánica:

Es la propiedad que tiene un material, la cual está relacionada a la reacción estática y rígida del mismo frente a una fuerza que se le aplica (Parro, 2017).

1.1.3.9 Resistencia del concreto:

Cuando se dosifican las mezclas de concreto es recomendable hacer pruebas para determinar las proporciones de hormigón que cumplan con las características requeridas. La resistencia aumenta con la edad del concreto (Rivera, s.f.).

1.1.3.10 Resistencia a compresión:

La resistencia a compresión es la resistencia máxima que presenta una muestra de concreto frente a una carga de compresión axial y se expresa como la fuerza por unidad de área de sección transversal (American Concrete Institute, 2013).

1.1.3.11 Definición de Vidrio:

Fernández (2003) define al vidrio como un material rígido el cual está formado por compuestos inorgánicos los cuales están en estado vitroidal; el vidrio puede ser incoloro o coloreado, transparente u opalizado. Por su característica principal, define al vidrio como un material que tiene intervalo térmico de transición continuo entre su estado rígido y estado fundido.

El principal componente del vidrio es el sílice (SiO_2), con solo este elemento sirve para muchas aplicaciones; pero su uso se limita por las altas temperaturas necesarias para su fusión y las dificultades que se presentan para darle forma (CEMPRE URUGUAY, 1998).

1.1.3.12 Vitroide

Fernández (2003) define al vitroide como una sustancia compacta, la cual a temperaturas bajas se vuelve frágil y rígida; mientras que a temperaturas altas, se reblandece. El vitroide es físicamente uniforme, el cual se encuentra en un estado no cristalino.

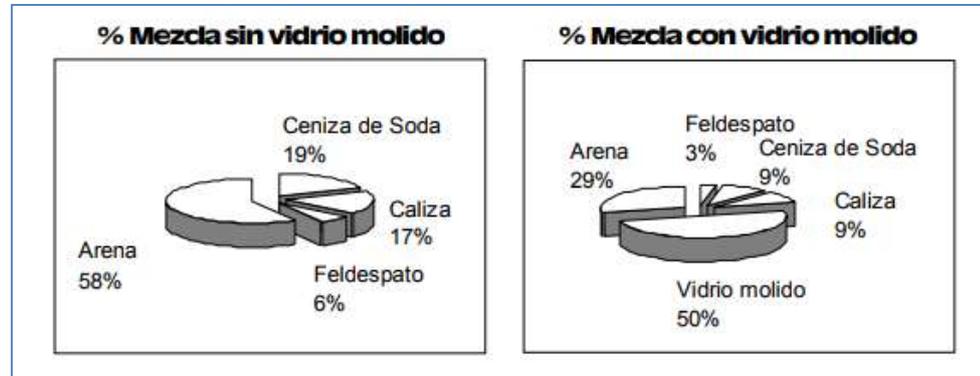
1.1.3.13 Materias primas del vidrio:

Según CEMPRE URUGUAY (1998):

“Arena, soda, caliza y feldespatos son las materias primas básicas en la fabricación del vidrio tipo soda cal.

A esa mezcla se le añaden trozos de vidrio generados internamente en la fábrica o comprados, procedimiento que reduce sensiblemente los costos de producción” (pág. 236).

Figura 1: Formulación de un vidrio soda - cal (valores típicos)



Fuente: Elaboración de CEMPRE URUGUAY

1.1.3.14 Composición de los vidrios:

Según CEMPRE URUGUAY (1998) :

- Vidrio común o soda cal.
- Vidrio borosilicato, el cual contiene óxido de boro.
- Vidrio de plomo, el cual contiene óxido de plomo.
- Formulaciones específicas del vidrio.

1.1.3.15 Procesos para la fabricación de vidrio:

Debido al tipo de producto final que se desea realizar, se divide los procesos en Primarios (automáticos y manuales) los cuales producen vidrio a partir de la fusión de materias primas a altas temperaturas, y procesos secundarios, los cuales consideran como materia prima al vidrio, el cual transforman en otros productos como: espejos, vidrios templados, laminados, entre otros (CEMPRE URUGUAY, 1998) .

1.1.3.16 Productos de vidrio:

- **Vidrio para envases:**

Estos son fabricados con vidrio común generalmente para botellas, potes, frascos, entre otros (CEMPRE URUGUAY, 1998).

- **Vidrio plano:**

Fabricados con vidrio común para planos lisos, cristales, vidrios impresos, templados, laminados y coloreados (CEMPRE URUGUAY, 1998).

- **Vidrios domésticos:**

Se utiliza el vidrio común, borosilicato, de plomo y vidrio – cerámica para la obtención de tazas, bandejas, vasos, platos, ollas y otros objetos domésticos (CEMPRE URUGUAY, 1998).

- **Fibra de vidrio:**

Se utiliza el vidrio borosilicato para mantas, tejidos, hilos, entre otros productos de refuerzo o aislamiento (CEMPRE URUGUAY, 1998).

- **Vidrios técnicos:**

Se usan los vidrios comunes, de plomo y de fórmulas específicas para la obtención de lámparas incandescentes y fluorescentes, tubos de tv, vidrios para laboratorios, para termos, anteojos y aislantes térmicos (CEMPRE URUGUAY, 1998).

El reúso del vidrio:

Material poroso, el vidrio puede resistir temperaturas de hasta 150 °C sin perder sus propiedades tanto químicas como físicas, por lo cual los objetos de vidrio pueden reutilizarse varias veces con el mismo fin. El uso de vidrio retornable es bastante difundido gracias a la posibilidad de poder lavarlo y esterilizarlo con un nivel elevado

de seguridad. Las botellas retornables de vidrio poseen una alta resistencia y son más pesadas que otros envases, esto es debido a que deben ir y volver de las fábricas (CEMPRE URUGUAY, 1998).

El reciclaje del vidrio:

Durante el proceso de fusión no se presenta pérdida de material, por cada tonelada de trozos de vidrio limpio se produce otra tonelada de vidrio nuevo; este material es 100 % reciclable (CEMPRE URUGUAY, 1998).

1.1.3.17. Estadística

Media Aritmética

Es usualmente conocido como “promedio”, obtenido al sumar valores de un grupo y dividir esta suma entre el número de valores del mismo (Castillo O. , 2009).

Varianza

La varianza es el promedio de los cuadrados de las desviaciones a la media. Si la varianza es cero todos los valores de la variable coinciden con la media, lo que indica que la dispersión es nula; por ello, mientras más alejadas estén las observaciones de la media mayor será el valor de varianza (Vargas A. , 1995).

La varianza muestral puede definirse como el “promedio” de las distancias que existen hacia la media al cuadrado, la varianza no tiene las mismas unidades que los datos (Orellana, 2001).

Desviación estándar (desviación típica)

Para tener una medida de dispersión con las unidades de medida igual a los datos originales, se utiliza la raíz cuadrada positiva de la varianza, a esto se llama desviación típica (Vargas A. , 1995).

La desviación estándar nos da una idea de la distancia promedio de los datos a la media muestral, cuán dispersos están los valores (Orellana, 2001).

Prueba de Normalidad de Shapiro – Wilk

Es una de las pruebas más sencillas y potentes, la cual indica si la variable estudiada sigue o no una distribución normal. La condición para realizar esta prueba es que la muestra sea igual o menor a 50 (Segnini, s.f.).

Homogeneidad de Varianzas – Estadístico de Levene

La prueba de Levene es poco sensible a la desviación de normalidad, esto quiere decir que aunque exista falta de normalidad en las distribuciones de las poblaciones muestreadas, hay menor probabilidad que la prueba rechace una verdadera hipótesis de igualdad de varianzas (Correa, Iral, & Rojas, 2006).

Se usa esta prueba para probar la hipótesis sobre la igualdad de varianza de una variable, es decir, evaluar si la varianza es constante o no entre diferentes grupos (Salgado, s.f.).

Prueba de Hipótesis

ANOVA

El análisis de varianza (ANOVA) se usa para comparar varios grupos de una variable cuantitativa, se usa para evaluar la igualdad de medias de tres o más poblaciones independientes (Bakieva, Gonzáles, & Jornet, s.f.).

1.1.4. Definición de términos básicos

a) COMPRESIÓN

Real Academia Española (2018) define:

“Presión a que está sometido un cuerpo por la acción de fuerzas opuestas que tienden a disminuir su volumen”.

b) CONCRETO:

Piedra artificial formada por el endurecimiento de la mezcla de cemento con agregados o áridos, agua y en ocasiones también con aditivos (Sánchez, 2001).

c) RESISTENCIA:

Real Academia Española (2018) define:

“Fuerza que se opone a la acción de otra fuerza”.

d) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN:

La resistencia a compresión es la resistencia máxima que presenta una muestra de concreto frente a una carga de compresión axial y se expresa como la fuerza por unidad de área de sección transversal (American Concrete Institute, 2013).

e) VIDRIO

Material cerámico inorgánico y no cristalino, compuesto básicamente por silicatos, y se encuentra en estado sólido a temperatura ambiente (Poveda, Granja, Hidalgo, & Ávila, 2015).

1.2 Formulación del problema

¿Qué influencia tiene el tamaño de vidrio molido en la resistencia a compresión del concreto?

JUSTIFICACIÓN:

El presente proyecto está orientado a proporcionar nuevas alternativas para afrontar los problemas que generalmente se presentan en las estructuras, como son el deterioro y fallas en el concreto; por lo que se busca mejorar la resistencia de este y brindar edificaciones con mayor durabilidad; asimismo, reducir la contaminación que genera el material que evaluaremos, por lo cual, beneficiará a toda la población en el sector construcción.

Este proyecto se realiza con el propósito de investigar y dar a conocer si es factible usar cierto tamaño de vidrio como nuevo material para la elaboración del concreto, buscando que este resulte ser beneficioso en cuanto a la resistencia. Con los antecedentes investigados existe probabilidad de que el vidrio pueda ser beneficioso en el concreto, mejorando su resistencia a compresión utilizándolo como agregado fino.

En este estudio se evaluará la influencia del tamaño del vidrio, con el fin de investigar si puede mejorar la resistencia del concreto para utilizarlo como un componente de este, usando el vidrio como material reciclado para la elaboración del concreto.

Este estudio se centra en solucionar problemas dentro del área de construcción, específicamente del material muy usado en la actualidad, que es el concreto. También busca reducir en alguna manera la contaminación, por lo que se propone usar un material que es comúnmente desechado y reutilizarlo en el concreto; para ello, se evaluará la influencia en el.

La presente investigación contribuirá a los futuros tesis con la información de la resistencia a compresión que tiene el concreto con ciertos porcentajes de vidrio y

diferente tamaño de partícula, así darles a conocer las respectivas recomendaciones para posteriores investigaciones referentes a este tema.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la influencia del tamaño de vidrio molido en la resistencia a compresión del concreto.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar los ensayos para la determinación de las propiedades de los agregados a utilizarse en el diseño de mezcla ACI 211.
- Determinar la resistencia a compresión de cada espécimen patrón y espécimen con cierto porcentaje de vidrio molido para cada tamaño de partícula y a diferentes edades.
- Analizar la influencia del tamaño de vidrio molido en la resistencia a compresión del concreto.

1.4 Hipótesis

1.4.1 Hipótesis General

La utilización de cierto tamaño de vidrio molido como sustituyente del mismo tamaño de agregado fino en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión de acuerdo al diseño de mezcla planteado para la elaboración de especímenes de concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte – sede San Isidro de la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad.

Tabla 1: *Hipótesis General*

| HIPÓTESIS GENERAL | COMPONENTES METODOLÓGICOS | | | COMPONENTES REFERENCIALES | |
|---|---|--------------------|--------------------|---|-----------|
| | VARIABLES | Unidad de análisis | Conectores lógicos | El espacio | El tiempo |
| La utilización de cierto tamaño de vidrio molido como sustituyente del mismo tamaño de agregado fino en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión planteada de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$. | -Resistencia a Compresión. -Tamaño de vidrio molido. | Concreto | Aumento | Laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo. | 2019 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

1.4.2 Hipótesis Específicas:

Tabla 2: *Hipótesis Específica 01*

| HIPÓTESIS ESPECÍFICA 01 | COMPONENTES METODOLÓGICOS | | | COMPONENTES REFERENCIALES | |
|---|---|--------------------|--------------------|---|-----------|
| | VARIABLES | Unidad de análisis | Conectores lógicos | El espacio | El tiempo |
| La utilización de 30% de vidrio molido retenido en la malla #8 en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión planteada de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$. | -Resistencia a compresión. -Tamaño de vidrio molido. | Concreto | Aumento | Laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo. | 2019 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 3: *Hipótesis Específica 02*

| HIPÓTESIS ESPECÍFICA 02 | COMPONENTES METODOLÓGICOS | | | COMPONENTES REFERENCIALES | |
|---|---|-----------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|
| | Variables | Unidad de análisis | Conectores lógicos | El espacio | El tiempo |
| La utilización de 40% de vidrio molido retenido en la malla #8 en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión planteada de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$. | -Resistencia a compresión. -Tamaño de vidrio molido. | Concreto | Aumento | Laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo. | 2019 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 4: *Hipótesis Específica 03*

| HIPÓTESIS ESPECÍFICA 03 | COMPONENTES METODOLÓGICOS | | | COMPONENTES REFERENCIALES | |
|---|---|-----------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|
| | Variables | Unidad de análisis | Conectores lógicos | El espacio | El tiempo |
| La utilización de 50% de vidrio molido retenido en la malla #8 en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión planteada de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$. | -Resistencia a compresión. -Tamaño de vidrio molido. | Concreto | Aumento | Laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo. | 2019 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 5: *Hipótesis Específica 04*

| HIPÓTESIS ESPECÍFICA 04 | COMPONENTES METODOLÓGICOS | | | COMPONENTES REFERENCIALES | |
|--|---|-----------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|
| | Variables | Unidad de análisis | Conectores lógicos | El espacio | El tiempo |
| La utilización de 60% de vidrio molido retenido en la malla #8 en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión planteada de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. | -Resistencia a compresión. -Tamaño de vidrio molido. | Concreto | Aumento | Laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo. | 2019 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 6: *Hipótesis Específica 05*

| HIPÓTESIS ESPECÍFICA 05 | COMPONENTES METODOLÓGICOS | | | COMPONENTES REFERENCIALES | |
|---|---|-----------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|
| | Variables | Unidad de análisis | Conectores lógicos | El espacio | El tiempo |
| La utilización de 30% de vidrio molido retenido en la malla #16 en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión planteada de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. | -Resistencia a compresión. -Tamaño de vidrio molido. | Concreto | Aumento | Laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo. | 2019 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 7: *Hipótesis Específica 06*

| HIPÓTESIS ESPECÍFICA 06 | COMPONENTES METODOLÓGICOS | | | COMPONENTES REFERENCIALES | |
|--|---|-----------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|
| | Variables | Unidad de análisis | Conectores lógicos | El espacio | El tiempo |
| La utilización de 40% de vidrio molido retenido en la malla #16 en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión planteada de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$. | -Resistencia a compresión. -Tamaño de vidrio molido. | Concreto | Aumento | Laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo. | 2019 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 8: *Hipótesis Específica 07*

| HIPÓTESIS ESPECÍFICA 07 | COMPONENTES METODOLÓGICOS | | | COMPONENTES REFERENCIALES | |
|--|---|-----------------------------------|-------------------------------|---|----------------------|
| | Variables | Unidad de análisis | Conectores lógicos | El espacio | El tiempo |
| La utilización de 50% de vidrio molido retenido en la malla #16 en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión planteada de $f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$. | -Resistencia a compresión. -Tamaño de vidrio molido. | Concreto | Aumento | Laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo. | 2019 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

Tabla 9: *Hipótesis Específica 08*

| HIPÓTESIS ESPECÍFICA 08 | COMPONENTES METODOLÓGICOS | | | COMPONENTES REFERENCIALES | |
|---|---|--------------------------|-----------------------|---|--------------|
| | Variables | Unidad de análisis | Conectores lógicos | El espacio | El tiempo |
| La utilización de 60% de vidrio molido retenido en la malla #16 en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión planteada de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$. | -Resistencia a compresión. -Tamaño de vidrio molido. | Concreto | Aumento | Laboratorio de la Universidad Privada del Norte en la ciudad de Trujillo. | 2019 |

Fuente: Elaboración propia, 2019

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

2.1.1. Operacionalización de variables

Tabla 10: Operacionalización de las variables

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ITEMS |
|---------------------------------------|---|--|---------------------------|---|------------------------------|
| RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL CONCRETO | La resistencia a compresión es la resistencia máxima que presenta una muestra de concreto frente a una carga de compresión axial y se expresa como la fuerza por unidad de área de sección transversal (American Concrete Institute, 2013). | En especímenes cilíndricos en el laboratorio de la Universidad, en Trujillo – La Libertad. | -Resistencia a compresión | Carga máxima. Área de sección transversal. | Carga máxima Diámetro |

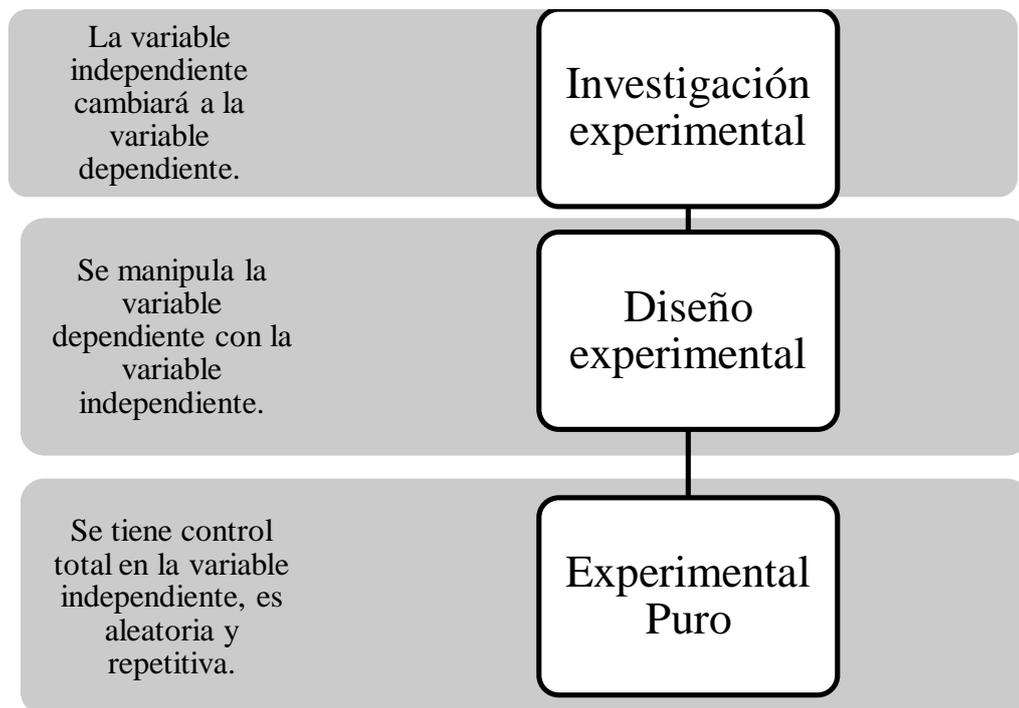
Fuente: Elaboración propia, 2019

2.1.2. Diseño de investigación

- La presente investigación es de tipo experimental, porque la variable independiente (tamaño de vidrio molido) cambia a la variable dependiente (resistencia a compresión).

- Esta investigación es de diseño experimental, porque la variable independiente manipula a la variable dependiente.
- Esta investigación es del tipo experimental puro porque se tiene control total en las variaciones de porcentaje de la variable independiente.

Figura 2: Diseño de la Investigación



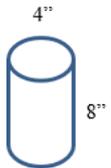
Fuente: Elaboración propia, 2019

2.2. Población y muestra

2.2.1. Unidad de estudio

La siguiente investigación contará con 04 probetas sin adición de vidrio (PATRÓN), y 04 probetas para cada porcentaje y tamaño de vidrio.

Tabla 11: *Unidad de estudio*

| Ensayos | Norma de Referencia | Unidad de Estudio |
|------------------------------------|---------------------|---|
| Resistencia a la compresión | NTP 339.034 |  |

Fuente: Elaboración propia, 2019

Concreto:

El concreto o también llamado hormigón, puede definirse como una mezcla del material aglutinante, el cual es el cemento Portland Hidráulico, los agregados o áridos como material de relleno, agua y en algunos casos aditivos, que al endurecerse forman como una piedra artificial; la cual después de cierto tiempo puede soportar grandes esfuerzos de compresión (Sánchez, 2001).

2.2.2. Población

En esta investigación, la población son todas las probetas que se ensayarán a compresión, probetas patrones y probetas con diferentes porcentajes de vidrio y diferente tamaño realizadas en el laboratorio de Concreto y Estructuras de la Universidad Privada del Norte, Trujillo 2019.

2.2.3. Muestra

Se realizó un muestreo Probabilístico aleatorio simple, teniendo cada testigo la probabilidad de pertenecer a la muestra. Para calcular la muestra se utilizará la siguiente fórmula:

Ecuación 1: Muestra

$$n_0 = \frac{Z^2 S^2}{E^2}$$

Fuente: Manual de Estadística UPN, 2014

Donde:

n_0 = Muestra

Z = Valor de la distribución normal estandarizada para un nivel de confianza del 95%

S = Desviación estándar

E = Error del muestreo en porcentaje del estimador

Para obtener el Valor de Z, se recurre a la siguiente tabla:

Tabla 12: *Valores de la Distribución Normal Estandarizada*

| VALORES DE LA DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTANDARIZADA | | | |
|---|------------------------------------|------------------|-------------------|
| ERROR (Tipo I): Puede ser unilateral o bilateral | | | |
| Nivel de confianza (1-α) | Error (α) | Valor Z | |
| | | Bilateral | Unilateral |
| 90% | 0.1 | 1.64 | 1.28 |
| 95% | 0.05 | 1.96 | 1.64 |
| 99% | 0.01 | 2.57 | 2.32 |
| ERROR (Tipo II): Siempre es unilateral | | | |
| Poder (1-β) | Error(β) | Valor Z | |
| 0.80 | 0.20 | 0.842 | |
| 0.90 | 0.10 | 1.282 | |
| 0.95 | 0.05 | 1.645 | |
| 0.99 | 0.01 | 2.326 | |

Fuente: Manual de Estadística UPN, 2014

Para obtener la desviación, se consideraron los valores de resistencia a compresión de la Tesis: “ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN AL EMPLEAR VIDRIO RECICLADO MOLIDO EN REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO” de Peñafiel (2016).

Tabla 13: *Cálculo de la muestra*

| | |
|---|----------|
| RESISTENCIA A | 227.99 |
| COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS (40% DE VIDRIO MOLIDO) | 243.27 |
| Promedio (kg/cm ²) | 234.76 |
| Desviación (S) | 7.8 |
| Z (nivel de confianza 95%) | 1.96 |
| E (error 5%) | 11.74 |
| N = | 2 |

Fuente: Base de datos, 2019

Para resultados más efectivos se consideró realizar 4 probetas por cada porcentaje y tamaño de malla, es decir: $N = 4$

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

2.3.1. Técnicas y métodos

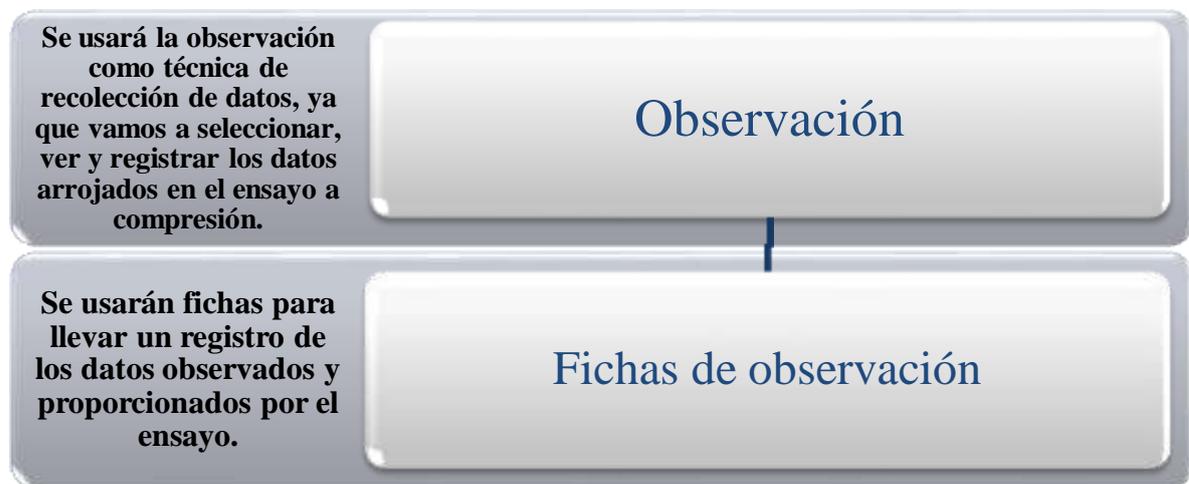
En esta investigación se utilizará la observación como técnica de recolección de datos, ya que del ensayo a compresión se observarán y anotarán las cargas máximas que soportan las probetas, cuyos datos servirán para el cálculo de la resistencia.

La presente investigación analizará los datos con el método Inferencia Estadística, porque es una investigación experimental y a partir de los resultados obtenidos se podrá inducir el comportamiento en una población específica, con un error medible.

2.3.2. Instrumentos de recolección de datos

En esta investigación se utilizará como instrumento de recolección de datos una ficha de observación, porque en esta se anotarán las cargas máximas de cada probeta en el ensayo a compresión, asimismo los datos de los ensayos para el diseño de mezclas.

Figura 3: Instrumentos de recolección de datos



Fuente: Elaboración propia

2.3.3. Instrumentos de análisis de datos

La prueba estadística a utilizarse según el tipo de variables es ANOVA, ya que identificando el número de grupos que se analizarán de las variables es mayor a 2. Para ver la normalidad de los datos se aplicará la prueba de Shapiro – Wilk ya que la muestra es pequeña y se realizará el test de Levene para ver la homogeneidad de varianzas. Se utilizará para ello el software SPSS para validar la hipótesis.

Para hacer la prueba de Hipótesis se considerará:

- Hipótesis Nula (H_0): Indica que existe igualdad o no hay diferencia significativa entre los valores de los resultados a comparar.

- Hipótesis Alterna (H1): Indica que no existe igualdad o diferencia significativa entre los valores de los resultados a comparar.

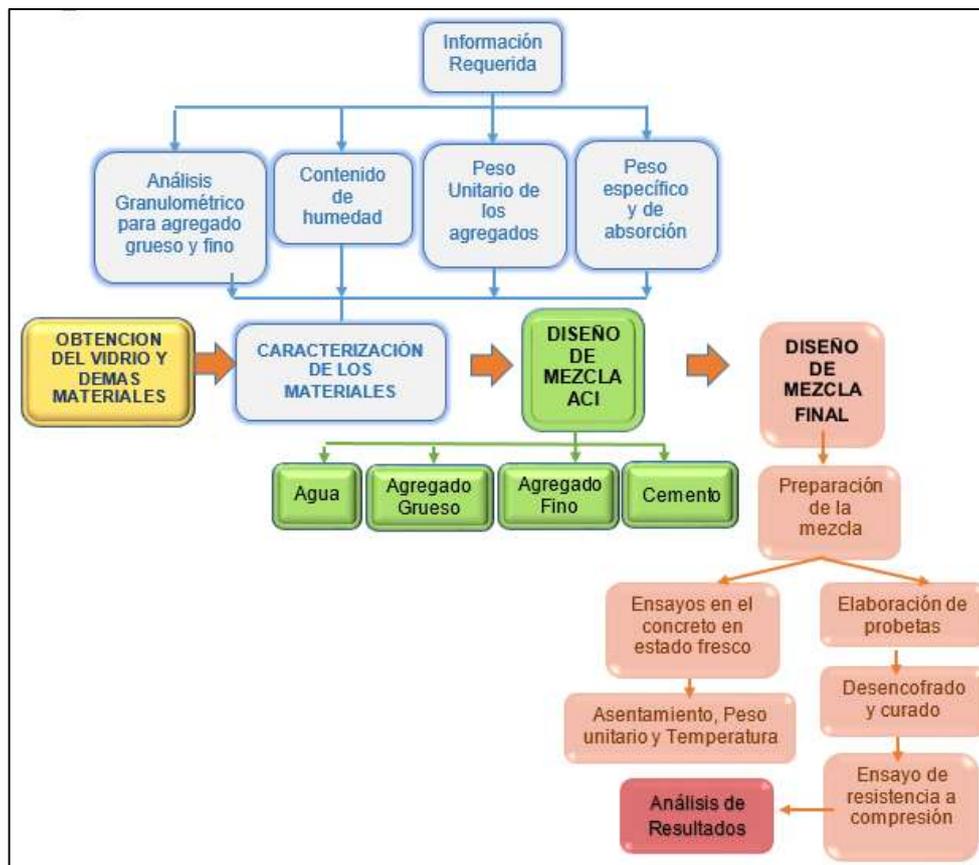
Para poder realizar este análisis los resultados de cada malla se compararán por separado con los resultados de las probetas patrón.

Se utilizará el software Microsoft Excel para el procesamiento de los datos realizados en los ensayos.

2.4. Procedimiento

2.4.1. Procedimiento de recolección de datos

Figura 4: Procedimiento para recolección de datos



Fuente: Elaboración propia

1. Obtención del vidrio y materiales

El vidrio se obtuvo como residuo de la vidriería “Los Cristales”, la cual proporcionó gratuitamente este material. Para realizar la molienda del material se recurrió al laboratorio de Metalurgia de la Universidad Nacional de Trujillo, donde contaban con la máquina para poder moler el vidrio. Asimismo, se realizó en el mismo laboratorio el tamizado en las mallas #8 y #16.

El agregado fino y grueso se obtuvo de la cantera “El Milagro”.

2. Análisis Granulométrico del agregado fino, grueso y global (NTP 400.012, 2013)

En esta norma se establecen todos los métodos para determinar la distribución de partículas por tamaño del agregado grueso, fino, global mediante el tamizado.

2.1 Aparatos

- Balanza
- Tamices
- Agitador mecánico de tamices
- Horno: Con temperatura uniforme de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

2.2 Materiales y equipos

- Agregado grueso y fino
- Balanza
- Cucharón metálico

2.3 Procedimiento:

- Secar una muestra de agregado.

- Se seleccionan tamaños adecuados de tamices para obtener la información requerida.
- Se encajan los tamices en orden de abertura decreciente.
- Se coloca la muestra en el tamiz superior.
- Se agitan los tamices manualmente o por medio del aparato mecánico.
- Se pesan las cantidades retenidas en cada tamiz.

Luego de realizar el ensayo tanto para el agregado grueso como para el fino, se pasa a realizar los cálculos.

3. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado (NTP 339.185, 2013)

En esta norma se establecen los procedimientos a seguir para determinar el porcentaje de humedad evaporable en una muestra de agregado por secado.

3.1 Aparatos:

- Balanza.
- Puente de calor: Horno ventilado.
- Recipiente para la muestra: envase que no se afecte con el calor y con la capacidad necesaria para contener la muestra sin que se derrame.

3.2 Procedimiento:

- Se determina la masa de la muestra representativa.
- Se seca la muestra contenida en el recipiente mediante la fuente de calor escogida.
- La muestra se considerará seca cuando el calor adicional aplicado genere menos del 0.1% de pérdida adicional de masa.
- Se procede a realizar los cálculos con la fórmula que establece la norma.

Ecuación 2: Contenido de Humedad

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

Fuente: NTP 339.185

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable de la muestra en porcentaje

W = Masa de la muestra húmeda en gramos

D = Masa de la muestra seca en gramos

4. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado (NTP 400.017, 1999)

Establece el procedimiento para la determinación del peso unitario ya sea suelto o compactado y el cálculo de vacíos, aplicándose a agregados de tamaño máximo nominal de 150 mm.

4.1 Aparatos:

- Balanza
- Barra compactadora
- Recipiente de medida
- Pala de mano
- Equipo de calibración

4.2 Calibración de la medida:

- Se llena la medida con agua y se cubre con la placa de vidrio para eliminar las burbujas y agua en exceso.

- Se pesa el agua contenida en la medida.
- Se mide la temperatura del agua.
- Se determina la densidad.
- Se calcula el volumen de la medida, que es el cociente del peso del agua requerida para llenar por completo la medida sobre su densidad.

4.3 Procedimiento por apisonado:

- Se llena la tercera parte del recipiente de medida y la superficie se nivela con la mano.
- Utilizando la barra compactadora, se apisona la capa con 25 golpes distribuidos sobre la superficie.
- Se vuelve a llenar hasta las dos terceras partes y nuevamente se compacta con 25 golpes.
- Se llena la medida hasta rebosar y con la barra compactadora se golpea 25 veces.
- Se elimina el material que sobra con la barra compactadora utilizándola como una regla.
- Se pesa el recipiente con el material y el recipiente solo.

4.4 Método de percusión:

- Se llena el recipiente de medida en tres capas.
- Cada capa se compacta, para ello se coloca el recipiente con el agregado sobre un piso firme.
- Se inclina el recipiente hasta que el borde superior mida 5 cm del piso.
- Se deja caer el recipiente con el material de manera que dé un golpe seco.
- Cada capa se compacta dejando caer 50 veces el recipiente, 25 veces cada extremo.
- El material sobrante se elimina con una regla.

- Se pesa el recipiente de medida con el material contenido y el peso del recipiente solo.

Finalmente se procede a realizar los cálculos según la norma.

Ecuación 3: Peso Unitario del

$$M = \frac{G - T}{V} , \quad M = (G - T) * F$$

Fuente: NTP 400.017

Donde:

M = Peso Unitario del agregado en kg/m³ (lb/p3)

G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg (lb)

T = Peso del recipiente de medida en kg (lb)

V = Volumen de la medida en m³ (p3)

F = Factor de la medida en m³

5. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021, 2002)

En esta norma se indican los procedimientos a realizar para determinar el peso específico seco, peso específico saturado con superficie seca, peso específico aparente y a absorción (luego de 24 horas) del agregado grueso.

5.1 Aparatos:

- Balanza
- Cesta con malla de alambre.
- Depósito de agua
- Tamices
- Estufa

5.2 Procedimiento:

- Se seca la muestra a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.
- Se sumerge el material en agua por un periodo de $24 \text{ h} \pm 4 \text{ h}$.
- Se saca la muestra del agua y se la rueda sobre un paño grande para que absorba las partículas visibles de agua.
- Se seca por separado en fragmentos más grandes.
- Se pesa la muestra bajo la condición de saturación con superficie seca.
- Se coloca la muestra saturada con superficie seca en una cesta de alambre.
- Se determina su peso en agua, con temperatura entre $23^{\circ}\text{C} \pm 1,7^{\circ}\text{C}$.
- Se seca la muestra a peso constante.
- Se deja enfriar a temperatura ambiente durante 1h a 3 h, hasta que el agregado sea cómodo al tacto.
- Se pesa la muestra enfriada.

Se procede a realizar los cálculos establecidos en la norma.

Ecuación 4: Peso Específico del agregado Grueso

$$P_{em} = \frac{A}{B - C} \times 100$$

Fuente: NTP 400.021

Ecuación 5: % Absorción del Agregado Grueso

$$Ab \% = \frac{(B - A)}{A} \times 100$$

Fuente: NTP 400.021

Donde:

A = Peso de la muestra seca en el aire, gramos

B = Peso de la muestra saturada superficialmente seca en el aire, gramos

C = Peso en el agua de la muestra saturada.

6. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino (NTP 400.022, 2013)

En esta norma se indica el procedimiento para calcular la densidad promedio de partículas de agregado fino, no incluyendo los orificios entre partículas, asimismo la densidad relativa (gravedad específica) y la absorción del agregado fino.

6.1 Aparatos:

- Balanza
- Picnómetro (para el procedimiento gravimétrico)
- Frasco (para determinación volumétrica)
- Molde
- Barra compactadora
- Estufa

6.2 Procedimiento gravimétrico:

- Se llena el picnómetro con agua.
- Se introduce 500 g de agregado fino saturado seco superficialmente en el picnómetro.
- Se adiciona agua hasta el 90% aproximadamente de su capacidad.
- Se agita el picnómetro.
- Después de eliminar todas las burbujas de aire, se ajusta la temperatura del picnómetro.

- Se determina la masa total del picnómetro, el espécimen y agua.
- Se retira el agregado fino del picnómetro.
- Esta muestra de agregado se seca en el horno a una masa constante.
- Luego se enfría a temperatura ambiente y se determina su masa.

6.3 Procedimiento volumétrico:

- Se llena el matraz con agua al punto en el vástago entre 0 y 1 ml.
 - Se anota esta lectura inicial.
 - Se agrega $55 \text{ g} \pm 5\text{g}$ del agregado fino.
 - Se coloca el tapón en el frasco y se hace rodar en posición inclinada hasta que no haya burbujas que suban a la superficie.
 - Se toma la lectura final con el matraz y el contenido dentro.
 - Para determinar la absorción, se toma $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ de agregado fino en condición saturada seca superficialmente, se seca hasta masa constante y se determina la masa.
- Se procede a realizar los cálculos establecidos en la norma.

Ecuación 6: Peso específico del Agregado Fino

$$\text{Peso Específico SSD} = \frac{S}{(B + S - C)}$$

Fuente: NTP 400.022

Ecuación 7: % Absorción del Agregado Fino

$$\text{Absorción \%} = 100 \left[\frac{S - A}{A} \right]$$

Fuente: NTP 400.022

Donde:

A = masa de la muestra seca al horno

B = masa del picnómetro llenado de agua hasta la marca de calibración

C = masa del picnómetro lleno de la muestra y el agua hasta la marca de calibración

S = masa de la muestra de saturado superficialmente seca.

7. Diseño de mezclas Método ACI 211:

Según (Villanueva, 2016) se sigue el siguiente procedimiento:

- Se determina el $f'c$ para el cual se va a diseñar.
- Se calcula el $F'cr$ con las fórmulas siguientes y se escoge el valor mayor:

Ecuación 8: Factor $F'cr$

$$F'cr = f'c + 84 \quad , \quad F'cr = 1.2 * f'c$$

Fuente: Norma ACI 211

- Se selecciona el asentamiento de acuerdo al tipo de construcción a la que se empleará el concreto.
- Con el tamaño máximo nominal del agregado grueso y el asentamiento seleccionado, se determina el volumen de agua.
- Se determina el contenido de aire, el cual es expresado en % .
- Se determina la relación a/c, para ello se utiliza la tabla correspondiente y el valor de $F'cr$; se interpola de ser necesario.
- Se procede a determinar el facto cemento FC, para ello se divide el volumen del agua entre la relación a/c.

- Se determina el volumen del agregado grueso, para ello se entra a la tabla con los valores de módulo de finura del agregado fino y tamaño máximo nominal del agregado grueso.
- Se determinan los volúmenes absolutos para cemento, agua, aire.
- Se realiza la corrección por humedad para los agregados y se analiza el aporte de agua a la mezcla.

8. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo (NTP 339.033, 2015)

En esta norma se indica los procedimientos para preparar las probetas y para el curado de ellas, las cuales son cilíndricas.

8.1 Aparatos:

- Moldes cilíndricos
- Varilla compactadora
- Martillo
- Herramientas (Pala y cucharón)
- Herramientas de acabado

8.2 Moldeo de especímenes:

Vaciado de los cilindros:

- Se moldea los especímenes sobre una superficie nivelada y rígida, sin vibraciones ni alteraciones.
- Se selecciona la barra compactadora apropiada.
- Se determina el método de consolidación.
- Se escoge una cuchara con el tamaño indicado, y se coloca el concreto en el molde.

- Mientras se vacía el concreto se mueve la cuchara perimetralmente de tal forma que se asegure una buena distribución.
- Al momento de colocar la capa final, se adiciona cierta cantidad de concreto para que el molde esté sobrellenado después de la consolidación aplicada.

Consolidación (Apisonado)

- Se coloca el concreto en el molde con el número de capas aproximadamente igual al volumen.
- Se apisona cada capa con el extremo de la barra compactadora, el número requerido de golpes.
- Se distribuye uniformemente los golpes de la barra.
- Para la primera capa se introduce la barra hasta el fondo sin dañar la parte inferior del molde.
- Para las capas superiores, la barra debe introducirse hasta pasar 25 mm de la capa precedente.
- Después, se golpea con el martillo las paredes del molde unas 10 o 15 veces, para eliminar vacíos y burbujas de aire.
- Con un badilejo se acomoda el concreto.
- Llenar completamente con una pequeña porción de concreto los moldes que no fueron llenados completamente.
- Se debe eliminar el concreto que esté en exceso en el molde.

Curado:

- Para el curado inicial, después de moldeados y acabados, se almacenan los especímenes por un tiempo de 48 horas, protegiéndolos de la luz directa del sol y otros factores que puedan alterar los especímenes.

- Para el curado final, dentro de los 30 minutos luego de remover los moldes, se deben curar usando agua de tanques de almacenamientos o cuartos húmedos.

9. Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland (NTP 339.035, 2009)

En esta norma se establece el procedimiento para determinar el asentamiento del concreto.

9.1 Aparatos:

- Moldes
- Barra compactadora
- Dispositivo de medida
- Cucharón

9.2 Procedimiento:

- Se humedece el molde.
- Se coloca el molde en una superficie plana, rígida, húmeda y no absorbente.
- Se fija el molde firmemente durante el llenado, para ello se pisa las aletas.
- Se llena el molde vaciando el concreto en tres capas. Cada capa corresponde a la tercera parte del volumen del molde.
- Se coloca el concreto moviendo el cucharón alrededor interno del molde.
- Cada capa de concreto se compacta con 25 golpes, utilizando la barra compactadora.
- Para la capa inferior se compacta en todo su espesor.
- Para las capas superiores se compactan en todo su espesor, de manera que la barra llegue a la capa inmediatamente inferior.
- Se llena el molde por exceso antes de compactar la última capa.

- Se enrasa con la barra compactadora.
- Se elimina el concreto sobrante.
- Se retira cuidadosamente el molde levantándolo, con un movimiento ascendente firme.
- La medida vertical entre la posición inicial y la final, se conoce como el asentamiento del concreto.

10. Método de ensayo para determinar peso unitario, rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto (NTP 339.046, 2008)

Esta norma indica el procedimiento para determinar el peso unitario del concreto en estado fresco.

10.1 Aparatos:

- Balanza
- Barra compactadora
- Recipiente de medida
- Mazo
- Cuchara

10.2 Procedimiento:

- Se selecciona el método de consolidación del concreto de acuerdo al asentamiento del mismo, cuyo método seleccionado es el de apisonado para este ensayo.
- Se coloca el concreto en el recipiente de medición utilizando la cuchara, luego moviendo la cuchara alrededor del perímetro interno del recipiente asegurando de esta manera una mejor distribución.
- Se llena el recipiente de medición en tres capas de aproximadamente igual volumen, y por cada capa se apisona con 25 golpes con la barra compactadora y luego se golpea

con el mazo los lados del recipiente de 10 a 15 veces, para cerrar cualquier poro causado por la barra compactadora.

- Después, se alisa y termina suavemente la superficie del hormigón.
- Se limpia el concreto en exceso y el adherido a las paredes exteriores del recipiente para luego pesar.

Se procede a realizar los cálculos.

Ecuación 9: Peso Unitario

$$D = \frac{Mc - Mm}{Vm}$$

Fuente: NTP 339.046

Donde:

Mc = Medida llena de concreto

Mm = Masa del recipiente de medida

Vm = Volumen de la medida

11. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto (NTP 339.184, 2013)

Esta norma establece el procedimiento para obtener la temperatura del concreto en estado fresco.

11.1 Aparatos:

- Recipiente
- Dispositivo para medición de temperatura

11.2 Procedimiento:

- Se coloca el dispositivo (termómetro) en la mezcla de concreto fresco, verificando que el sensor esté sumergido un mínimo de 75 mm.

- Se deja introducido el termómetro en el concreto de 2 a 5 minutos, y se procede a leer y registrar la temperatura.

12. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas (NTP 339.034, 2008).

Esta norma indica el procedimiento a realizarse para calcular la resistencia de especímenes cilíndricos.

12.1 Aparatos:

- Máquina de ensayo

12.2 Procedimiento:

- Las probetas se ensayarán inmediatamente después de retirarlas del almacenaje de humedad.
- Se ensayan los cilindros en condición de húmedos.
- Se coloca el bloque de rotura inferior encima del cabezal de la máquina.
- El bloque de rotura superior va bajo la rótula del cabezal.
- Se limpia las caras de contacto de los bloques y de las probetas de ensayo.
- Se coloca el cilindro sobre el bloque inferior.
- Se alinean los ejes de la probeta con la parte central del empuje de la rótula del bloque asentado.
- Se verifica que el indicador de carga se encuentra en cero.
- Se rota la porción móvil de forma cuidadosa a fin de uniformizar el asiento.
- Se aplica la carga de forma continua y sin detenimiento.

Se procede a realizar los cálculos.

Ecuación 10: Resistencia a compresión de probetas cilíndricas

$$f_m = \frac{P}{A}$$

Fuente: ASTM – C109

Donde:

f_m = Resistencia a la compresión en Kg/cm²

P = Carga total máxima en Kg

A = Área de superficie cargada en cm²

2.4.2. Procedimiento de análisis de datos

El procedimiento para analizar los datos se realizó de acuerdo a las hipótesis específicas en el software SPSS, evaluando por separado los resultados de resistencia de las probetas con vidrio de cada malla comparando con los resultados de las probetas patrón.

- Para comprobar la normalidad de la variable aleatoria en ambos grupos se utilizó la prueba de Shapiro – Wilk ya que el tamaño de muestra es menor a 50, entonces se determinó la normalidad de la siguiente manera:

Se considera una significancia o riesgo de que los datos no cumplan una distribución normal de 0.05.

P-Valor \geq 0.05 se acepta la hipótesis nula H_0 , lo que significa que las varianzas presentan igualdad, los datos presentan distribución normal.

P-Valor < 0.05 se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo que significa que las varianzas no presentan igualdad, hay diferencias significativas y los datos no presentan distribución normal.

- Para comprobar la homogeneidad de varianzas se realizó el test de Levene, considerándose lo siguiente:

P-Valor ≥ 0.05 se acepta la hipótesis nula H_0 , lo que significa que las varianzas presentan igualdad, los datos presentan homogeneidad de varianzas.

P-Valor < 0.05 se acepta la hipótesis alterna H_1 , lo que significa que las varianzas no presentan igualdad, hay diferencias significativas y los datos no presentan homogeneidad de varianzas.

- Para la prueba de ANOVA, se consideró el siguiente criterio:

Si la significancia es ≥ 0.05 , se acepta la hipótesis nula H_0 .

Si la significancia es < 0.05 , se acepta la hipótesis alterna H_1 .

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

En el presente capítulo se muestra un resumen de los resultados que corresponden a los ensayos de caracterización de los materiales (agregado grueso y fino), ensayos de concreto en estado fresco y Resistencia a Compresión, desarrollados en el laboratorio de Concreto y Estructuras en la Universidad Privada del Norte – Trujillo. Los resultados de caracterización de agregados se encuentran más detallados en el Anexo N° 1.

3.1. Resultados de ensayos de caracterización:

Tabla 14: *Resultados del agregado fino*

| ENSAYOS | | RESULTADO | NORMA |
|---------------------------------|------------|-----------|-------------|
| GRANULOMETRÍA | MF | 2.71 | NTP 400.012 |
| PESO UNITARIO KG/M ³ | SUELTO | 1659 | NTP 400.017 |
| | COMPACTADO | 1816 | NTP 400.017 |
| % CONTENIDO DE HUMEDAD | | 1.64 | NTP 339.185 |
| PESO ESPECÍFICO GR. | | 2.64 | NTP 400.021 |
| % ABSORCIÓN | | 1.77 | NTP 400.021 |

Fuente: Base de datos, 2019

Tabla 15: *Resultados de agregado grueso*

| ENSAYOS | | RESULTADO | NORMA |
|---------------------------------|------------|-----------|-------------|
| GRANULOMETRÍA | TM | 1" | NTP 400.012 |
| | TMN | 3/4" | NTP 400.012 |
| PESO UNITARIO KG/M ³ | SUELTO | 1473 | NTP 400.017 |
| | COMPACTADO | 1584 | NTP 400.017 |
| % CONTENIDO DE HUMEDAD | | 0.33 | NTP 339.185 |
| PESO ESPECÍFICO GR. | | 2.63 | NTP 400.021 |
| % ABSORCIÓN | | 1.33 | NTP 400.021 |

Fuente: Base de datos, 2019

3.2. Diseño de mezcla método ACI 211:

Tabla 16: *Valores de diseño al pie de obra*

| | | |
|---------------------|---------|-------------------|
| Cemento | 367.120 | kg/m ³ |
| A. F. Húmedo | 750.300 | kg/m ³ |
| A. G. Húmedo | 999.624 | kg/m ³ |
| Agua | 215.923 | lt/m ³ |

Fuente: Base de datos, 2019

Tabla 17: *Cantidad de material para una probeta*

| | | |
|------------------|-------|------------|
| Cemento | 0.605 | kg/probeta |
| A. Fino | 1.236 | kg/probeta |
| A. Grueso | 1.647 | kg/probeta |
| Agua | 0.356 | lt/probeta |

Fuente: Base de datos, 2019

Tabla 18: *Cantidad de vidrio para 32 probetas por cada malla*

| MALLA #8 | | MALLA #16 | |
|--------------------|------|--------------------|------|
| RETENIDO (kg) | 5.50 | RETENIDO (kg) | 4.67 |
| 30% de vidrio (kg) | 1.65 | 30% de vidrio (kg) | 1.40 |
| 40% de vidrio (kg) | 2.20 | 40% de vidrio (kg) | 1.87 |
| 50% de vidrio (kg) | 2.75 | 50% de vidrio (kg) | 2.34 |
| 60% de vidrio (kg) | 3.30 | 60% de vidrio (kg) | 2.80 |
| TOTAL (KG) | 9.91 | TOTAL (KG) | 8.41 |

Fuente: Base de datos, 2019

3.3. Ensayos del concreto en estado fresco:

Tabla 19: *Resultados de ensayos del concreto en estado fresco*

| | | | <i>Asent. (pulg)</i> | <i>Temp. (°C)</i> | <i>P.U. (kg/m³)</i> |
|-----------|----------|------------|--------------------------|-------------------|------------------------------------|
| PATRÓN | Mezcla 1 | 0% vidrio | 3 1/4" | 23.5 | 2450.00 |
| Tamiz #8 | Mezcla 2 | 30% vidrio | 4" | 26.0 | 2420.00 |
| | Mezcla 3 | 40% vidrio | 3" | 27.0 | 2440.00 |
| | Mezcla 4 | 50% vidrio | 3" | 24.5 | 2440.00 |
| | Mezcla 5 | 60% vidrio | 4 1/4" | 25.0 | 2440.00 |
| Tamiz #16 | Mezcla 6 | 30% vidrio | 4" | 26.0 | 2420.00 |
| | Mezcla 7 | 40% vidrio | 3" | 27.5 | 2430.00 |
| | Mezcla 8 | 50% vidrio | 4 1/4" | 27.0 | 2420.00 |
| | Mezcla 9 | 60% vidrio | 3 3/4" | 29.0 | 2420.00 |

Fuente: Base de datos, 2019

3.4. Ensayos a compresión de concreto:

a) Resistencia a compresión a los 7 días

Tabla 20: *Resultados Resistencia a Compresión a los 7 días de probetas Patrón*

| | PROBETA | DIÁMETRO PROMEDIO (CM) | ÁREA (CM ²) | CARGA (KG) | RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KG/CM ²) | PROM. (KG/CM ²) | % OBTENIDO |
|--------|---------|------------------------------|----------------------------|---------------|---|--------------------------------|---------------|
| PATRÓN | P-01 | 10.21 | 81.87 | 14439 | 176 | 190 | 90% |
| | P-02 | 10.15 | 80.97 | 16048 | 198 | | |
| | P-03 | 10.21 | 81.87 | 16494 | 202 | | |
| | P-04 | 10.21 | 81.82 | 14933 | 183 | | |

Fuente: Base de datos, 2019

Tabla 21: *Resultados Resistencia a Compresión a los 7 días Malla #8*

| MALLA #8 | PROBETA | DIÁMETRO PROMEDIO (CM) | ÁREA (CM ²) | CARGA (KG) | RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KG/CM ²) | PROM. (KG/CM ²) | % OBTENIDO |
|----------|---------|------------------------|-------------------------|------------|--|-----------------------------|------------|
| 30% | V-30 | 10.2 | 81.66 | 14727 | 180 | 192 | 91% |
| | V-31 | 10.1 | 80.12 | 16212 | 202 | | |
| | V-32 | 10.2 | 81.07 | 15696 | 194 | | |
| | V-33 | 10.1 | 80.22 | 15338 | 191 | | |
| 40% | V-40 | 10.15 | 80.86 | 16923 | 209 | 191 | 91% |
| | V-41 | 10.09 | 80.01 | 14140 | 177 | | |
| | V-42 | 10.01 | 78.70 | 14046 | 179 | | |
| | V-43 | 10.10 | 80.07 | 15913 | 199 | | |
| 50% | V-50 | 10.19 | 81.61 | 14890 | 183 | 189 | 90% |
| | V-51 | 10.15 | 80.86 | 15856 | 196 | | |
| | V-52 | 10.24 | 82.35 | 16847 | 205 | | |
| | V-53 | 10.14 | 80.81 | 13987 | 173 | | |
| 60% | V-60 | 10.18 | 81.39 | 15541 | 191 | 205 | 97% |
| | V-61 | 10.15 | 80.86 | 17147 | 212 | | |
| | V-62 | 10.19 | 81.61 | 16534 | 203 | | |
| | V-63 | 10.20 | 81.71 | 17320 | 212 | | |

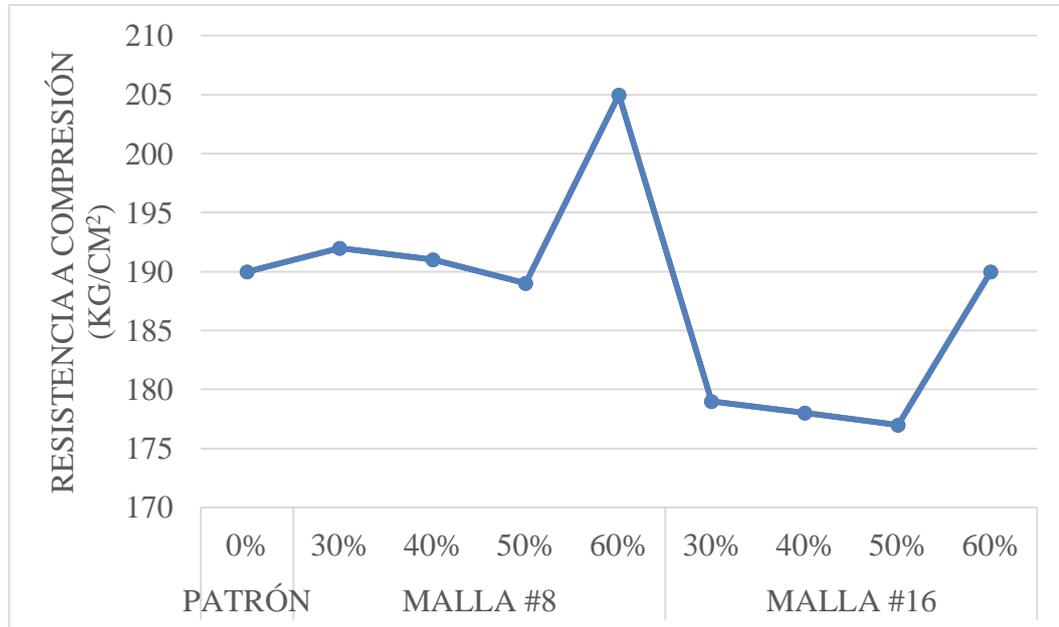
Fuente: Base de datos, 2019

Tabla 22: *Resultados Resistencia a Compresión a los 7 días Malla #16*

| MALLA #16 | PROBETA | DIÁMETRO PROMEDIO (CM) | ÁREA (CM²) | CARGA (KG) | RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KG/CM²) | PROM. (KG/CM²) | % OBTENIDO |
|------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------|---|----------------------------------|-------------------|
| 30% | B-30 | 10.19 | 81.55 | 15484 | 190 | 179 | 85% |
| | B-31 | 10.19 | 81.61 | 14307 | 175 | | |
| | B-32 | 10.10 | 80.17 | 13090 | 163 | | |
| | B-33 | 10.14 | 80.81 | 15031 | 186 | | |
| 40% | B-40 | 10.25 | 82.46 | 15684 | 190 | 178 | 85% |
| | B-41 | 10.19 | 81.50 | 14247 | 175 | | |
| | B-42 | 10.14 | 80.81 | 14947 | 185 | | |
| | B-43 | 10.15 | 80.91 | 13203 | 163 | | |
| 50% | B-50 | 10.15 | 80.86 | 14219 | 176 | 177 | 84% |
| | B-51 | 10.14 | 80.81 | 13547 | 168 | | |
| | B-52 | 10.10 | 80.07 | 15642 | 195 | | |
| | B-53 | 10.15 | 80.86 | 13714 | 170 | | |
| 60% | B-60 | 10.14 | 80.81 | 14753 | 183 | 190 | 90% |
| | B-61 | 10.14 | 80.81 | 14904 | 184 | | |
| | B-62 | 10.19 | 81.55 | 15197 | 186 | | |
| | B-63 | 10.10 | 80.07 | 16438 | 205 | | |

Fuente: Base de datos, 2019

Figura 5: Valores de resistencia a compresión a los 7 días



Fuente: Base de datos, 2019

b) Resistencia a Compresión a los 28 días

Tabla 23: Resultados Resistencia a Compresión a los 28 días probetas Patrón

| PROBETA | DIÁMETRO PROMEDIO (CM) | ÁREA (CM ²) | CARGA (KG) | RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KG/CM ²) | PROM. (KG/CM ²) | % OBTENIDO | |
|---------|------------------------|-------------------------|------------|--|-----------------------------|------------|------|
| PATRÓN | P-05 | 10.11 | 80.28 | 18452 | 230 | 239 | 114% |
| | P-06 | 10.10 | 80.17 | 18922 | 236 | | |
| | P-07 | 10.19 | 81.50 | 19830 | 243 | | |
| | P-08 | 10.21 | 81.82 | 20161 | 246 | | |

Fuente: Base de datos, 2019

Tabla 24: *Resultados Resistencia a Compresión a los 28 días Malla #8*

| MALLA #8 | PROBETA | DIÁMETRO PROMEDIO (CM) | ÁREA (CM ²) | CARGA (KG) | RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KG/CM ²) | PROM. (KG/CM ²) | % OBTENIDO |
|----------|---------|------------------------|-------------------------|------------|--|-----------------------------|------------|
| 30% | V-34 | 10.20 | 81.77 | 18646 | 228 | 233 | 111% |
| | V-35 | 10.11 | 80.22 | 18495 | 231 | | |
| | V-36 | 10.19 | 81.50 | 18472 | 227 | | |
| | V-37 | 10.12 | 80.38 | 19832 | 247 | | |
| 40% | V-44 | 10.17 | 81.18 | 18852 | 232 | 239 | 114% |
| | V-45 | 10.20 | 81.77 | 18581 | 227 | | |
| | V-46 | 10.19 | 81.55 | 19513 | 239 | | |
| | V-47 | 10.22 | 81.98 | 21094 | 257 | | |
| 50% | V-54 | 10.14 | 80.75 | 17447 | 216 | 229 | 109% |
| | V-55 | 10.11 | 80.28 | 18925 | 236 | | |
| | V-56 | 10.11 | 80.33 | 18479 | 230 | | |
| | V-57 | 10.21 | 81.87 | 19008 | 232 | | |
| 60% | V-64 | 10.24 | 82.30 | 20162 | 245 | 249 | 119% |
| | V-65 | 10.12 | 80.44 | 19706 | 245 | | |
| | V-66 | 10.23 | 82.14 | 19855 | 242 | | |
| | V-67 | 10.23 | 82.14 | 21790 | 265 | | |

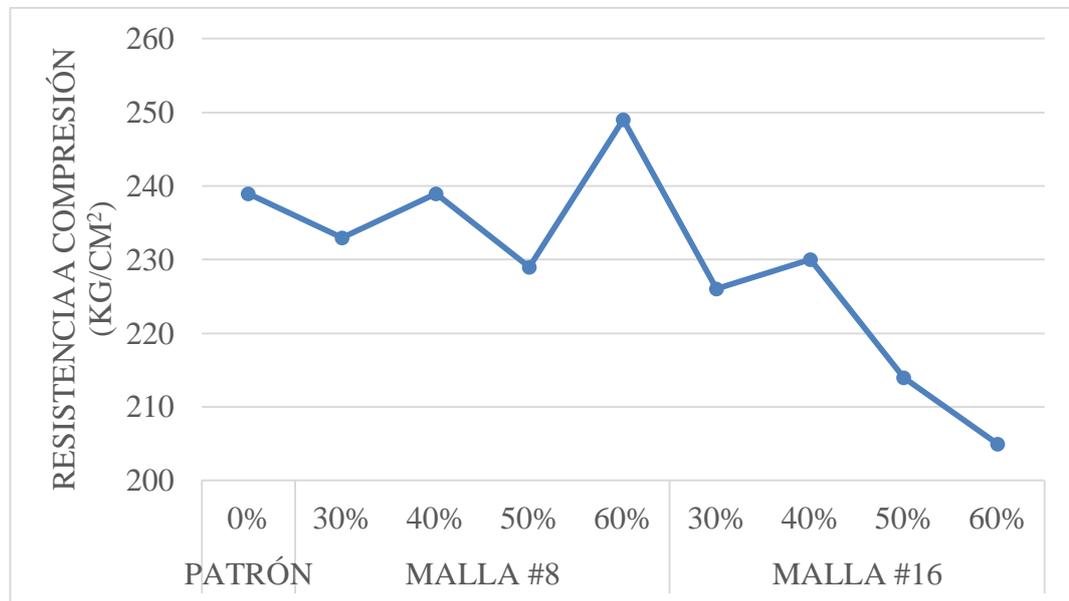
Fuente: Base de datos, 2019

Tabla 25: *Resultados Resistencia a Compresión a los 28 días Malla #16*

| MALLA #16 | PROBETA | DIÁMETRO PROMEDIO (CM) | ÁREA (CM²) | CARGA (KG) | RESISTENCIA A COMPRESIÓN (KG/CM²) | PROM. (KG/CM²) | % OBTENIDO |
|------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|-------------------|---|----------------------------------|-------------------|
| 30% | B-34 | 10.20 | 81.66 | 18036 | 221 | 226 | 108% |
| | B-35 | 10.28 | 83.05 | 17498 | 211 | | |
| | B-36 | 10.20 | 81.71 | 19623 | 240 | | |
| | B-37 | 10.19 | 81.50 | 18834 | 231 | | |
| 40% | B-44 | 10.11 | 80.33 | 18566 | 231 | 230 | 110% |
| | B-45 | 10.10 | 80.12 | 18252 | 228 | | |
| | B-46 | 10.14 | 80.75 | 19092 | 236 | | |
| | B-47 | 10.11 | 80.22 | 18159 | 226 | | |
| 50% | B-54 | 10.20 | 81.66 | 17399 | 213 | 214 | 102% |
| | B-55 | 10.18 | 81.45 | 17451 | 214 | | |
| | B-56 | 10.12 | 80.38 | 17152 | 213 | | |
| | B-57 | 10.19 | 81.55 | 17488 | 214 | | |
| 60% | B-64 | 10.22 | 81.98 | 16420 | 200 | 205 | 98% |
| | B-65 | 10.11 | 80.33 | 16398 | 204 | | |
| | B-66 | 10.12 | 80.49 | 16347 | 203 | | |
| | B-67 | 10.11 | 80.28 | 17095 | 213 | | |

Fuente: Base de datos, 2019

Figura 6: Valores de resistencia a compresión a los 28 días



Fuente: Base de datos, 2019

3.5. Prueba de hipótesis:

❖ Probetas ensayadas a los 7 días (MALLA #8)

La utilización de cierto porcentaje y tamaño de vidrio molido como sustituyente del mismo porcentaje y tamaño de agregado fino en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla planteado para la elaboración de especímenes de concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte – sede San Isidro de la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad.

Hipótesis Nula (H_0): No existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #8.

Hipótesis Alternativa (H1): Existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #8.

Tabla 26: *Análisis de resultados descriptivos de la Resistencia a Compresión a los 7 días Malla #8*

| Descripción | Media | Varianza | Desv. Desviación | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|---|--------|----------|---------------------|--|--------------------|--------|--------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| Probetas PATRÓN | 189.63 | 146.73 | 12.11 | 170.36 | 208.91 | 176.36 | 201.46 |
| Probetas con 30% Vidrio molido Malla #8 | 191.87 | 82.00 | 9.06 | 177.46 | 206.28 | 180.35 | 202.35 |
| Probetas con 40% Vidrio molido Malla #8 | 190.81 | 251.70 | 15.87 | 165.56 | 216.06 | 176.72 | 209.29 |
| Probetas con 50% Vidrio molido Malla #8 | 189.05 | 196.19 | 14.01 | 166.76 | 211.34 | 173.09 | 204.57 |
| Probetas con 60% Vidrio molido Malla #8 | 203.38 | 140.60 | 11.86 | 184.51 | 222.25 | 186.88 | 212.06 |

Fuente: Software SPSS, 2019

✓ Análisis de la Normalidad de los resultados obtenidos entre los grupos:

Tabla 27: *Análisis de la Normalidad de los resultados de Resistencia a los 7 días Malla #8*

| PORCENTAJE DE ADICIÓN | Shapiro-Wilk | | |
|-----------------------------------|--------------|-------------|---------------|
| | Estadístico | N° Probetas | Significancia |
| Probetas PATRÓN | 0.896 | 4 | 0.412 |
| Probetas con 30% de vidrio molido | 0.979 | 4 | 0.898 |
| Probetas con 40% de vidrio molido | 0.878 | 4 | 0.332 |
| Probetas con 50% de vidrio molido | 0.971 | 4 | 0.846 |
| Probetas con 60% de vidrio molido | 0.843 | 4 | 0.205 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como se puede observar los valores presentan Normalidad en todos los grupos, ya que la significancia es mayor a 0.05.

✓ Análisis de la Homogeneidad de Varianzas aplicando el método estadístico de Levene:

Tabla 28: *Análisis de Homogeneidad de Varianzas de valores de Resistencia a los 7 días Malla #8*

| DESCRIPCIÓN | Estadístico de Levene | Significancia |
|---|-----------------------|---------------|
| RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MALLA # 8 | Se basa en la media | 1.138 |
| | | 0.376 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como se observa existe homogeneidad de Varianzas.

✓ Prueba de Hipótesis: ANOVA

Tabla 29: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de Resistencia a los 7 días Malla #8

| | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F | Significancia |
|---------------------|-------------------|------------------|-------|---------------|
| Entre grupos | 562.679 | 140.670 | 0.861 | 0.510 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como el valor de significancia es mayor que 0.05 se acepta la Hipótesis Nula (H_0), ya que no existe diferencias significativas entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #8.

❖ **Probetas ensayadas a los 7 días (MALLA #16)**

La utilización de cierto porcentaje y tamaño de vidrio molido como sustituyente del mismo porcentaje y tamaño de agregado fino en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla planteado para la elaboración de especímenes de concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte – sede San Isidro de la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad.

Hipótesis Nula (H_0): No existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #16.

Hipótesis Alterna (H_1): Existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #16.

Tabla 30: *Análisis de resultados descriptivos de la Resistencia a Compresión a los 7 días Malla #16*

| DESCRIPCIÓN | Media | Varianza | Desv. Desviación | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|---|--------|----------|---------------------|--|--------------------|--------|--------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| Probetas PATRÓN | 189.63 | 146.73 | 12.11 | 170.36 | 208.91 | 176.36 | 201.46 |
| Probetas con 30% Vidrio molido Malla #16 | 178.62 | 142.48 | 11.94 | 159.62 | 197.61 | 163.28 | 189.87 |
| Probetas con 40% Vidrio molido Malla #16 | 178.29 | 142.33 | 11.93 | 159.30 | 197.27 | 163.17 | 190.20 |
| Probetas con 50% Vidrio molido Malla #16 | 177.11 | 160.27 | 12.66 | 156.97 | 197.26 | 167.65 | 195.37 |
| Probetas con 60% Vidrio molido Malla #16 | 189.67 | 111.12 | 10.54 | 172.89 | 206.44 | 182.57 | 205.31 |

Fuente: Software SPSS, 2019

✓ Análisis de la Normalidad de los resultados obtenidos entre los grupos:

Tabla 31: *Análisis de la Normalidad de los resultados de Resistencia a los 7 días Malla #16*

| PORCENTAJE DE ADICIÓN | Estadístico | Shapiro-Wilk | |
|--|-------------|--------------|---------------|
| | | N° Probetas | Significancia |
| Probetas PATRÓN | 0.896 | 4 | 0.412 |
| Probetas con 30% de vidrio molido | 0.941 | 4 | 0.659 |
| RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MALLA #16 Probetas con 40% de vidrio molido | 0.961 | 4 | 0.788 |
| Probetas con 50% de vidrio molido | 0.839 | 4 | 0.194 |
| Probetas con 60% de vidrio molido | 0.763 | 4 | 0.050 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como se puede observar los valores presentan Normalidad en todos los grupos, ya que la significancia es mayor igual a 0.05.

✓ Análisis de la Homogeneidad de Varianzas aplicando el método estadístico de Levene:

Tabla 32: *Análisis de la Homogeneidad de Varianzas de valores de Resistencia a los 7 días Malla #16*

| DESCRIPCIÓN | Estadístico de Levene | Significancia |
|--|-----------------------|---------------|
| RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MALLA #16 Se basa en la media | 0.104 | 0.979 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como se observa existe homogeneidad de Varianzas.

✓ Prueba de Hipótesis: ANOVA

Tabla 33: *Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de Resistencia a los 7 días Malla #16*

| | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F | Significancia |
|---------------------|----------------------|---------------------|-------|---------------|
| Entre grupos | 655.619 | 163.905 | 1.166 | 0.365 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como el valor de significancia es mayor que 0.05 se acepta la Hipótesis Nula (H_0), ya que no existe diferencias significativas entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #16.

❖ **Probetas ensayadas a los 28 días (MALLA #8)**

La utilización de cierto porcentaje y tamaño de vidrio molido como sustituyente del mismo porcentaje y tamaño de agregado fino en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla planteado para la elaboración de especímenes de concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte – sede San Isidro de la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad.

Hipótesis Nula (H_0): No existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #8.

Hipótesis Alterna (H_1): Existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #8.

Tabla 34: *Análisis de resultados descriptivos de la Resistencia a Compresión a los 28 días Malla #8*

| Descripción | Media | Varianza | Desv. Desviación | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|--|--------|----------|---------------------|--|--------------------|--------|--------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| Probetas PATRÓN | 238.90 | 55.35 | 7.44 | 227.06 | 250.74 | 229.85 | 246.41 |
| Probetas con 30% Vidrio molido Malla #8 | 232.99 | 86.40 | 9.30 | 218.20 | 247.78 | 226.65 | 246.72 |
| Probetas con 40% Vidrio molido Malla #8 | 239.02 | 173.07 | 13.16 | 218.08 | 259.95 | 227.25 | 257.31 |
| Probetas con 50% Vidrio molido Malla #8 | 228.50 | 74.44 | 8.63 | 214.77 | 242.23 | 216.05 | 235.75 |
| Probetas con 60% Vidrio molido Malla #8 | 249.24 | 116.68 | 10.80 | 232.05 | 266.43 | 241.72 | 265.28 |

Fuente: Software SPSS, 2019

✓ Análisis de la Normalidad de los resultados obtenidos entre los grupos:

Tabla 35: *Análisis de Normalidad de los resultados de Resistencia a los 28 días Malla #8*

| PORCENTAJE DE ADICIÓN | | Estadístico | Shapiro-Wilk | |
|--|-----------------------------------|-------------|--------------|---------------|
| | | | N° Probetas | Significancia |
| Probetas PATRÓN | | 0.955 | 4 | 0.749 |
| RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MALLA #8 | Probetas con 30% de vidrio molido | 0.779 | 4 | 0.069 |
| | Probetas con 40% de vidrio molido | 0.918 | 4 | 0.525 |
| | Probetas con 50% de vidrio molido | 0.864 | 4 | 0.275 |
| | Probetas con 60% de vidrio molido | 0.749 | 4 | 0.038 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como se puede observar los valores presentan Normalidad en casi todos los grupos, ya que la significancia es mayor igual a 0.05, excepto en el grupo de probetas con 60% de vidrio molido, con una significancia menor a 0.05.

✓ Análisis de la Homogeneidad de Varianzas aplicando el método estadístico de Levene:

Tabla 36: *Análisis de la Homogeneidad de Varianzas de valores de Resistencia a los 28 días Malla #8*

| DESCRIPCIÓN | | Estadístico de Levene | Significancia |
|--|---------------------|-----------------------|---------------|
| RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MALLA #8 | Se basa en la media | 0.263 | 0.897 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como se observa existe homogeneidad de Varianzas.

✓ Prueba de Hipótesis: ANOVA

Tabla 37: Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de Resistencia a los 28 días Malla #8

| | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F | Significancia |
|--------------|-------------------|------------------|-------|---------------|
| Entre grupos | 972.945 | 243.236 | 2.404 | 0.096 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como el valor de significancia es mayor que 0.05 se acepta la Hipótesis Nula (H_0), ya que no existe diferencias significativas entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #8.

❖ **Probetas ensayadas a los 28 días (MALLA #16)**

La utilización de cierto porcentaje y tamaño de vidrio molido como sustituyente del mismo porcentaje y tamaño de agregado fino en el concreto es beneficioso, influye positivamente aumentando la resistencia a la compresión. De acuerdo al diseño de mezcla planteado para la elaboración de especímenes de concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en el laboratorio de concreto de la Universidad Privada del Norte – sede San Isidro de la ciudad de Trujillo, departamento de La Libertad.

Hipótesis Nula (H_0): No existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #16.

Hipótesis Alterna (H_1): Existe diferencia significativa entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #16.

Tabla 38: *Análisis de resultados descriptivos de la Resistencia a Compresión a los 28 días Malla #16*

| Descripción | Media | Varianza | Desv. Desviación | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|---|--------|----------|---------------------|--|--------------------|--------|--------|
| | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| Probetas PATRÓN | 238.90 | 55.35 | 7.44 | 227.06 | 250.74 | 229.85 | 246.41 |
| Probetas con 30% Vidrio molido Malla #16 | 225.70 | 162.20 | 12.74 | 205.43 | 245.96 | 210.68 | 240.15 |
| Probetas con 40% Vidrio molido Malla #16 | 230.43 | 19.95 | 4.47 | 223.32 | 237.53 | 226.35 | 236.42 |
| Probetas con 50% Vidrio molido Malla #16 | 213.79 | 0.45 | 0.67 | 212.73 | 214.85 | 213.07 | 214.44 |
| Probetas con 60% Vidrio molido Malla #16 | 205.12 | 29.89 | 5.47 | 196.42 | 213.82 | 200.29 | 212.95 |

Fuente: Software SPSS, 2019

✓ Análisis de la Normalidad de los resultados obtenidos entre los grupos:

Tabla 39: *Análisis de Normalidad de los resultados de Resistencia a los 28 días Malla #16*

| PORCENTAJE DE ADICIÓN | Estadístico | Shapiro-Wilk | |
|-----------------------------------|-------------|--------------|---------------|
| | | N° Probetas | Significancia |
| Probetas PATRÓN | 0.955 | 4 | 0.749 |
| Probetas con 30% de vidrio molido | 0.990 | 4 | 0.958 |
| Probetas con 40% de vidrio molido | 0.932 | 4 | 0.609 |
| Probetas con 50% de vidrio molido | 0.887 | 4 | 0.372 |
| Probetas con 60% de vidrio molido | 0.878 | 4 | 0.328 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como se puede observar los valores presentan Normalidad en todos los grupos, ya que la significancia es mayor igual a 0.05.

✓ Análisis de la Homogeneidad de Varianzas aplicando el método estadístico de Levene:

Tabla 40: *Análisis de la Homogeneidad de Varianzas de valores de Resistencia a los 28 días Malla #16*

| DESCRIPCIÓN | Estadístico de Levene | Significancia |
|--|-----------------------|---------------|
| RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA MALLA #16 Se basa en la media | 4.533 | 0.013 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como se observa en este caso no existe homogeneidad de Varianzas.

✓ Prueba de Hipótesis: ANOVA

Tabla 41: *Prueba de Hipótesis ANOVA para valores de Resistencia a los 28 días Malla #16*

| | Suma de cuadrados | Media cuadrática | F | Significancia |
|---------------------|--------------------------|-------------------------|----------|----------------------|
| Entre grupos | 2878.329 | 719.582 | 13.433 | 0.000 |

Fuente: Software SPSS, 2019

Como el valor de significancia es menor que 0.05 se acepta la Hipótesis Alterna (H1), esto indica que existe diferencias significativas entre los valores de resistencia a compresión del grupo de probetas PATRÓN y el grupo de probetas con 30%, 40%, 50% y 60% de vidrio molido retenido en la malla #16.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

4.1. Discusión

Se analizaron los resultados obtenidos de los ensayos de caracterización de los agregados, asimismo, los resultados del ensayo a compresión de las probetas patrón y las probetas con varios porcentajes de vidrio para cada malla.

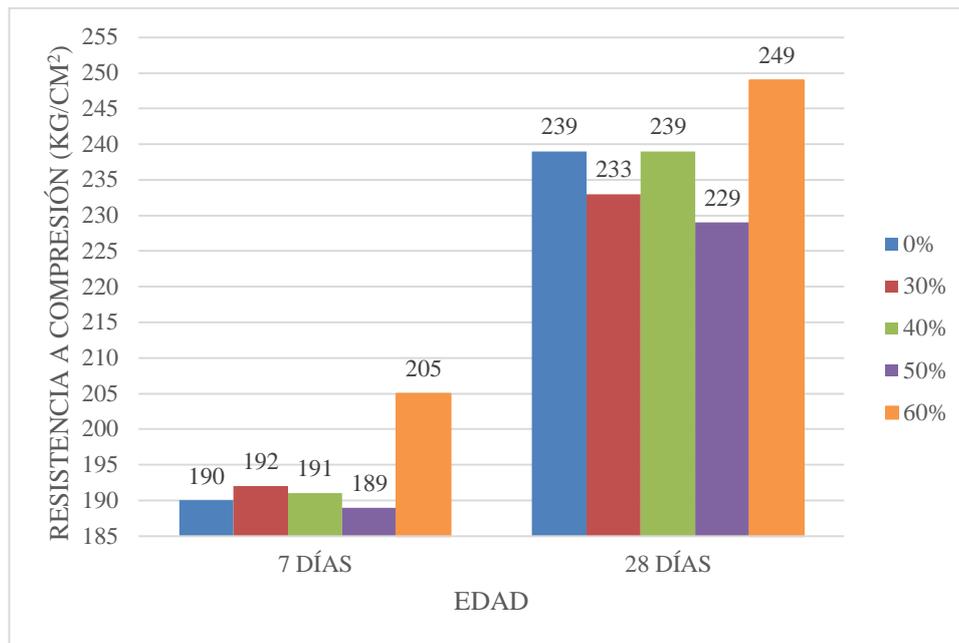
- Al realizar los ensayos de caracterización, se obtiene de la norma N.T.P. 400.037 que estos están dentro de lo aceptable, teniendo del agregado fino las siguientes características: módulo de finura de 2.71, contenido de humedad de 1.64%, peso específico de masa de 2.64 gr, absorción de 1.77%, peso unitario suelto seco de 1659 kg/m³, peso unitario compactado seco de 1816 kg/m³; y los resultados de caracterización del agregado grueso son: contenido de humedad de 0.33%, peso específico de masa de 2.63gr, absorción de 1.33%, peso unitario suelto seco de 1473 kg/m³ y peso unitario compactado seco de 1584 kg/m³.

Resultados obtenidos del ensayo a compresión a los 7 y 28 días de curado:

- Analizando la Figura 8 que corresponde a los resultados de la malla #8, se puede observar que la resistencia va en aumento de los 7 días a los 28 días tanto para las probetas PATRÓN como para las probetas con cierto porcentaje de vidrio molido, presentándose una mejor resistencia en el 60% de vidrio molido de la malla #8 en el concreto, aumentado la resistencia en 7% a los 7 días, y 5% a los 28 días; por lo cual, se compara estos resultados con los de la tesis de Peñafiel (2016) mencionado y referenciado en los antecedentes, quien utilizando un porcentaje máximo de 40% de vidrio molido reemplazando a la arena obtiene mayores resistencias a los 28 días (ver Figura 9); con esto se deduce entonces que a mayor porcentaje de vidrio molido utilizado en reemplazo

del agregado fino se obtienen resultados favorables en la resistencia a compresión. Por otro lado, en el 30% y 50% de vidrio molido se observa una disminución de la resistencia en el concreto en comparación con las probetas PATRÓN a los 28 días.

Figura 7: Gráfica de resultados de resistencia a compresión de la Malla #8



Fuente: Base de datos, 2019

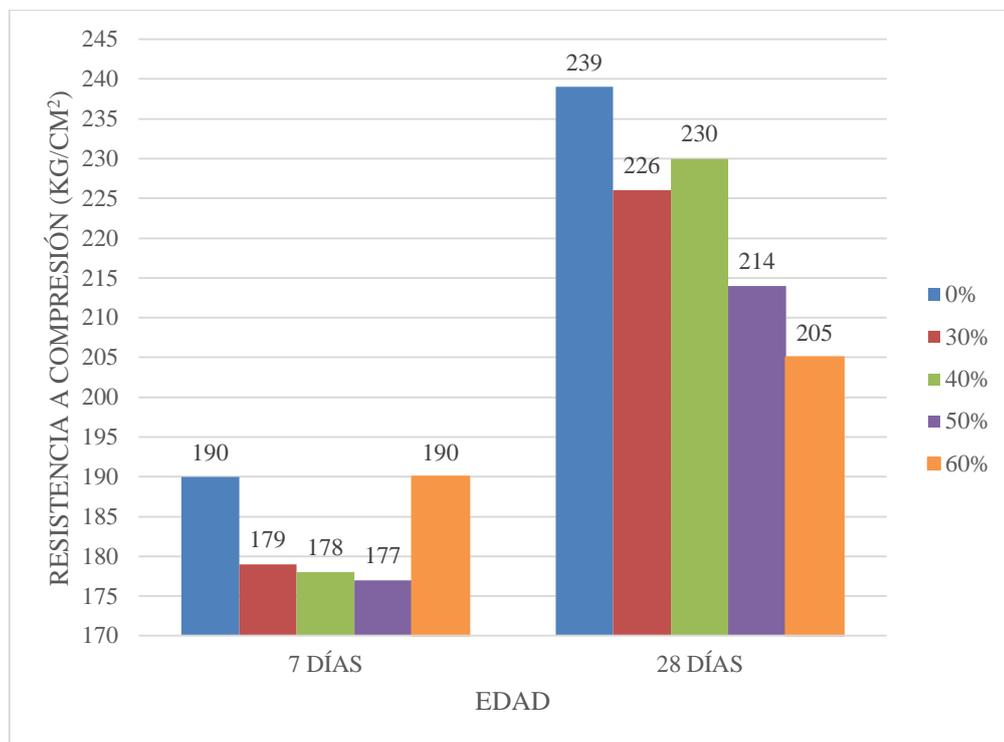
Figura 8: Curva de resistencia a compresión a los 28 días de probetas patrón y probetas con vidrio molido



Fuente: Peñafiel, 2016

- Analizando la Figura 9 que corresponde a los resultados de la malla #16, se observa que las probetas con porcentaje de vidrio no favorecen a la resistencia, creándose una disminución mayor en el 60% de vidrio molido en el concreto a los 28 días. Obteniendo estos resultados se puede decir que el vidrio en este tamaño de partícula es frágil, además se asume que hay mayor contenido de humedad en el concreto debido al vidrio de este tamaño, lo que tiende a perjudicar la resistencia.

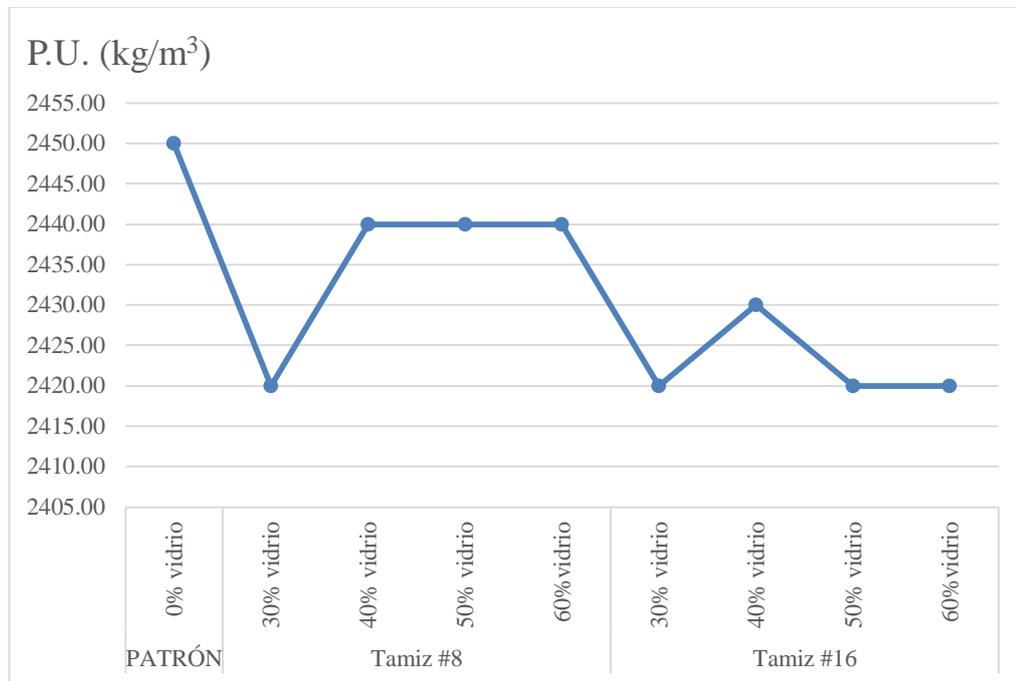
Figura 9: Gráfica de resultados de resistencia a compresión de la malla #16



Fuente: Base de datos, 2019

- Analizando los resultados de peso unitario del concreto (ver Figura 11), se puede observar que la mezcla de concreto con vidrio molido es más ligero que la mezcla de concreto patrón, lo cual resulta ser un factor beneficioso.

Figura 10: Curva de peso unitario del concreto en estado fresco



Fuente: Base de datos, 2019

- Analizando los costos de acuerdo a la Tabla 42, se observa que el costo para producir concreto con vidrio molido sube un poco en comparación del costo de concreto sin vidrio molido, esto se debe al costo que genera moler el vidrio en una máquina moledora. Sin embargo, el costo llegaría a ser el mismo con la industrialización del vidrio, ya que este material no tiene costo alguno siendo un desecho. El detalle de costos se encuentra en el ANEXO N°4.

Tabla 42: *Resumen de costos para un metro cúbico de concreto*

| PRODUCCIÓN PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO | | COSTO |
|---|-----------------------------------|------------|
| PATRÓN | Concreto con 0% de vidrio molido | S/. 598.40 |
| MALLA #8 | Concreto con 30% de vidrio molido | S/. 629.72 |
| | Concreto con 40% de vidrio molido | S/. 640.16 |
| | Concreto con 50% de vidrio molido | S/. 650.60 |
| | Concreto con 60% de vidrio molido | S/. 661.04 |
| MALLA #16 | Concreto con 30% de vidrio molido | S/. 624.99 |
| | Concreto con 40% de vidrio molido | S/. 633.85 |
| | Concreto con 50% de vidrio molido | S/. 642.71 |
| | Concreto con 60% de vidrio molido | S/. 651.57 |

Fuente: Base de datos, 2019

- De manera general se puede afirmar que es viable utilizar 60% de vidrio molido tamizado en la malla #8 como reemplazo del agregado fino del mismo tamaño para la elaboración del concreto realizando proyectos sostenibles, elaborando estructuras con la resistencia requerida y a la vez solucionando el problema de acumulación de residuos de vidrio en el ambiente, empleándolo de tal manera que reduce la contaminación del aire al utilizarse en un proceso sin expulsión de gases contaminantes; se genera así una alternativa de uso para los desechos de vidrio; teniendo en cuenta que este material demora en degradarse aproximadamente 4000 años.

4.2. Conclusiones

- Se evaluó la influencia del tamaño de vidrio molido en la resistencia a compresión del concreto, obteniéndose un resultado favorable en el 60% de vidrio molido del tamaño de la Malla #8.
- Se realizaron los ensayos de caracterización de los agregados que se usaron y con ello el diseño de mezcla con el método ACI 211.
- Se determinó la resistencia a compresión de cada espécimen patrón y espécimen con cierto porcentaje de vidrio molido para cada tamaño de partícula y a diferentes edades.
- Se analizó la influencia de vidrio molido de la malla #8, observando que no hay influencia significativa a los 28 días de edad, es decir, los valores de resistencia del concreto con vidrio y concreto patrón no tienen gran diferencia; sin embargo, destaca positivamente el 60% de vidrio molido de esta malla, el cual generó un pequeño aumento obteniéndose a los 7 días una resistencia de 205 kg/cm² y a los 28 días 249 kg/cm², comparado con la resistencia patrón a los 7 y 28 días de 190 kg/cm² y 239 kg/cm² respectivamente; por lo tanto, se cumple parcialmente la hipótesis planteada con un pequeño aumento en la resistencia.
- Se analizó la influencia de vidrio molido de la malla #16, observando una influencia significativa a los 28 días de edad, presentando mayor disminución de la resistencia en las probetas con 60% de vidrio molido de esta malla; por lo tanto no se cumple con la hipótesis planteada, ya que este tamaño de vidrio influye negativamente en el concreto.

RECOMENDACIONES

- Utilizar otros porcentajes mayores a 60% del tamaño de partícula de la Malla #8.
- Reemplazar el agregado fino por otros tamaños de vidrio molido y realizar los ensayos de la investigación.
- Evaluar el comportamiento de la resistencia de probetas con vidrio molido a mayores edades.
- Adicionar un aditivo a las probetas con vidrio molido y evaluar su comportamiento.
- Utilizar implementos de seguridad personal para la manipulación del vidrio.

REFERENCIAS

- American Concrete Institute. (2013). *ACI CT - 13: ACI Concrete Terminology - An ACI STANDARD*. Recuperado el 5 de febrero de 2019, de https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=CT13&Language=English&Units=US_Units
- Asociación Bancaria de Guatemala . (Junio de 2015). *Análisis Económico de ECOABG - Sector Construcción*. Obtenido de Asociación Bancaria de Guatemala: <http://abg.org.gt/web2014/wp-content/uploads/2015/08/SECTOR-4-CONSTRUCCIÓN-JUNIO-2015.pdf>
- Bakieva, M., Gonzáles, J., & Jornet, J. (s.f.). *SPSS: ANOVA de un factor*. Valencia, España. Recuperado el 29 de marzo de 2019, de https://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0702b.pdf
- Cabrera , L. (2014). *Comparación de la resistencia de adoquines de concreto y otros elaborados con vidrio reciclado*. Cajamarca.
- Carrillo, J., Alcocer, S., & Aperador, W. (2013). *Propiedades mecánicas del concreto para viviendas de bajo costo*. UNAM, 285.
- Castillo, M., & Viera, D. (2016). *Influencia de la relación volumétrica de arena y confitillo sobre las propiedades físicas y mecánicas de un ladrillo de concreto para la construcción de muros con carga viva*. Trujillo.
- Castillo, O. (2009). *ESTADÍSTICA MÓDULO 1*. Recuperado el 29 de marzo de 2019, de <http://www.alejandrogonzalez.com.ar/archivos/librodecalidad-estadisticaaplicada.pdf>

- Catalan, C. (2013). *Estudio de la influencia del vidrio molido en hormigones grado H15, 520, Y H30*. Valdivia.
- CEMPRE URUGUAY. (1998). *CEMPRE URUGUAY*. Recuperado el 07 de octubre de 2017, de http://www.cempre.org.uy/index.php?option=com_content&view=article&id=802&Itemid=137
- Correa, J., Iral, R., & Rojas, L. (Junio de 2006). Estudio de potencia de pruebas de homogeneidad de varianza. *Revista Colombiana de Estadística*, 29(1), 57 a 76. Recuperado el 29 de marzo de 2019, de https://www.emis.de/journals/RCE/V29/V29_1_57CorreaIral.pdf
- Fernández, J. (2003). *El vidrio*. Madrid: CSIC.
- García , L. (2015). *Propiedades mecánicas y reológicas de hormigones autocompactantes sometidos a carga a edades muy tempranas y tempranas*. Valencia.
- García, M., & Morales, A. (2014). *Análisis de la resistencia a la compresión de un concreto $f'c$ 250 kg/cm² sustituyendo 20% de cemento por vidrio molido*. Maracaibo.
- Hidalgo, D., & Poveda, R. (2013). *OBTENCIÓN DE ADOQUINES FABRICADOS CON VIDRIO RECICLADO COMO AGREGADO*. Quito.
- Huamán, A. (2015). *Comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de vidrio*. Cajamarca.
- Norma Técnica Peruana 339.034. (2008). *Ensayo para determinar la resistencia a la compresión*.
- NTP 339.033. (2015). *CONCRETO. Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en campo*. Lima.

- NTP 339.034. (2008). *(HORMIGÓN) CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas.* Lima.
- NTP 339.035. (2009). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.* Lima.
- NTP 339.046. (2008). *HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del hormigón (concreto).* Lima.
- NTP 339.184. (2013). *CONCRETO. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto.* Lima.
- NTP 339.185. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.* Lima.
- NTP 400.012. (2013). *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.* Lima.
- NTP 400.017. (1999). *AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado.* Lima.
- NTP 400.021. (2002). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.* Lima.
- NTP 400.022. (2013). *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.* Lima.
- Orellana, L. (2001). *Estadística Descriptiva.* Recuperado el 29 de marzo de 2019

Parro. (2017). *Diccionario de Arquitectura y Construcción*. Recuperado el 09 de noviembre de 2017, de <http://www.parro.com.ar/definicion-de-propiedad+mec%E1nica>

Peñañiel, D. (2016). *ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN AL EMPLEAR VIDRIO RECICLADO MOLIDO EN REEMPLAZO PARCIAL DEL AGREGADO FINO*". Ambato.

Poveda, R., Granja, V., Hidalgo, D., & Ávila, C. (Febrero de 2015). Análisis de la influencia del vidrio molido sobre la resistencia al desgaste en adoquines de hormigón tipo A. *Revista Politécnica*, 35(3). Recuperado el 30 de marzo de 2019, de [https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen35/tomo3/Analisi](https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen35/tomo3/Analisis%20delainfluenciadelvidriomolido.pdf)
[sdelainfluenciadelvidriomolido.pdf](https://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/images/revista/volumen35/tomo3/Analisis%20delainfluenciadelvidriomolido.pdf)

PROMPERÚ. (2015). *El sector construcción en los países de Latinoamérica* .

Real Academia Española. (2018). Diccionario de la lengua española. Recuperado el 30 de marzo de 2019, de <http://www.rae.es/>

Rivera, G. (s.f.). *CONCRETO SIMPLE*.

Salgado , D. (s.f.). Prueba de Levene Homogeneidad de la varianza. Recuperado el 20 de marzo de 2019, de http://www.estadisticacondago.com/images/estadistica_inferencial/Prueba%20de%20homogeneidad%20de%20la%20varianza.pdf

Sánchez, D. (2001). *TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO*. Santafé de Bogotá: BHANDAR .

Segnini, S. (s.f.). *APENDICE A: Prueba de Normalidad de Shapiro Wilk*. Recuperado el 29 de marzo de 2019, de

http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/segninis/Docencia/ANEXO_A_Sahapiro-Wilks.pdf

Sotil, A., & Zegarra, J. (2015). *“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONCRETO SIN REFUERZO, CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND FF3 Y CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS DE ACERO WIRAND FF4”*. Lima.

Vanegas, J., & Robles, J. (2008). *Estudio Experimental de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para su uso en edificaciones convencionales*. Bogotá.

Vargas, A. (1995). *Estadística Descriptiva e Inferencial*. La Mancha, España: COMPOBELL S.L.

Vargas, D. (2015). *Reutilización de vidrio plano como agregado fino en la elaboración de morteros de cemento y concretos*. Cartago .

Villanueva, N. (2016). *Influencia de la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto*. Cajamarca.

ANEXOS

ANEXO N°1: RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (NTP 400.012)

a) Agregado Grueso:

Tabla 43: *Resultados de Ensayo Granulométrico Agregado Grueso*

| PESO DE LA MUESTRA INICIAL | | 2000 gr. | | | | | | |
|----------------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------|--------|-----------------|-----------------|-----------|
| Tamiz (") | Abertura (mm) | Peso Retenido | % Peso Retenido | % Peso Retenido Acumulado | % Pasa | LIMITE INFERIOR | LIMITE SUPERIOR | Condición |
| 2 | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | | |
| 1 1/2 | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | | |
| 1 | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 | ok |
| 3/4 | 19.00 | 55.00 | 2.75 | 2.75 | 97.25 | 90 | 100 | ok |
| 1/2 | 12.50 | 375.00 | 18.78 | 21.53 | 78.47 | | | |
| 3/8 | 9.50 | 386.00 | 19.33 | 40.86 | 59.14 | 20 | 55 | .. |
| N° 4 | 4.75 | 1078.00 | 53.98 | 94.84 | 5.16 | 0 | 10 | ok |
| N° 8 | 2.36 | 101.00 | 5.06 | 99.90 | 0.10 | 0 | 5 | ok |
| N° 16 | 1.18 | 2.00 | 0.10 | 100.00 | 0.00 | | | |
| N° 30 | 0.60 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | | | |
| N° 50 | 0.30 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | | | |
| N° 100 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | | | |
| Fondo | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 0.00 | | | |
| | Σ | 1997.00 | 100.00 | | | | | |

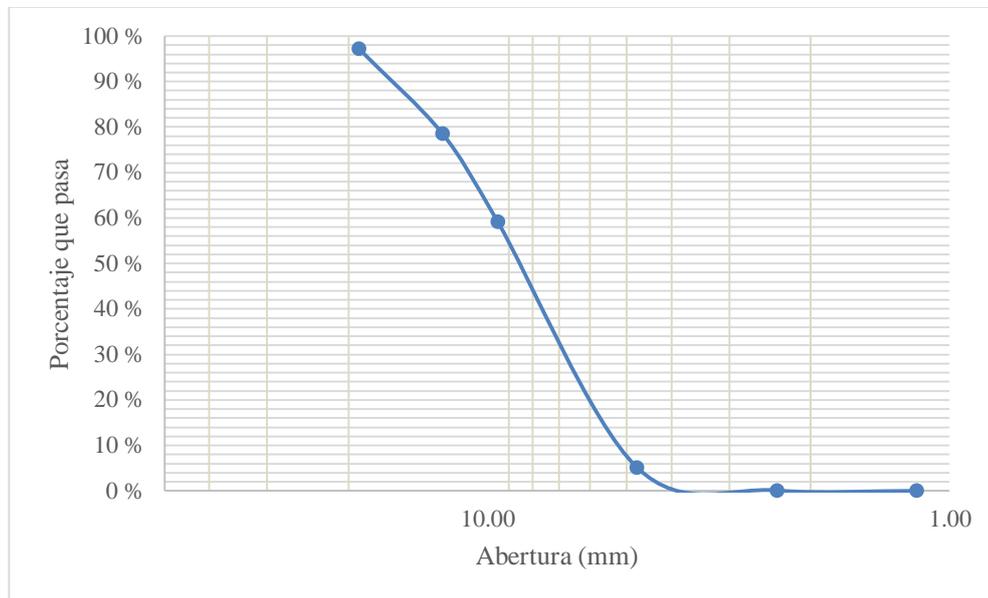
Fuente: Base de datos, 2019

Tamaño máximo nominal = 3/4"

Tamaño máximo = 1"

Huso 67

Figura 11: Curva Granulométrica Agregado Grueso



Fuente: Elaboración Propia, 2019

b) Agregado Fino:

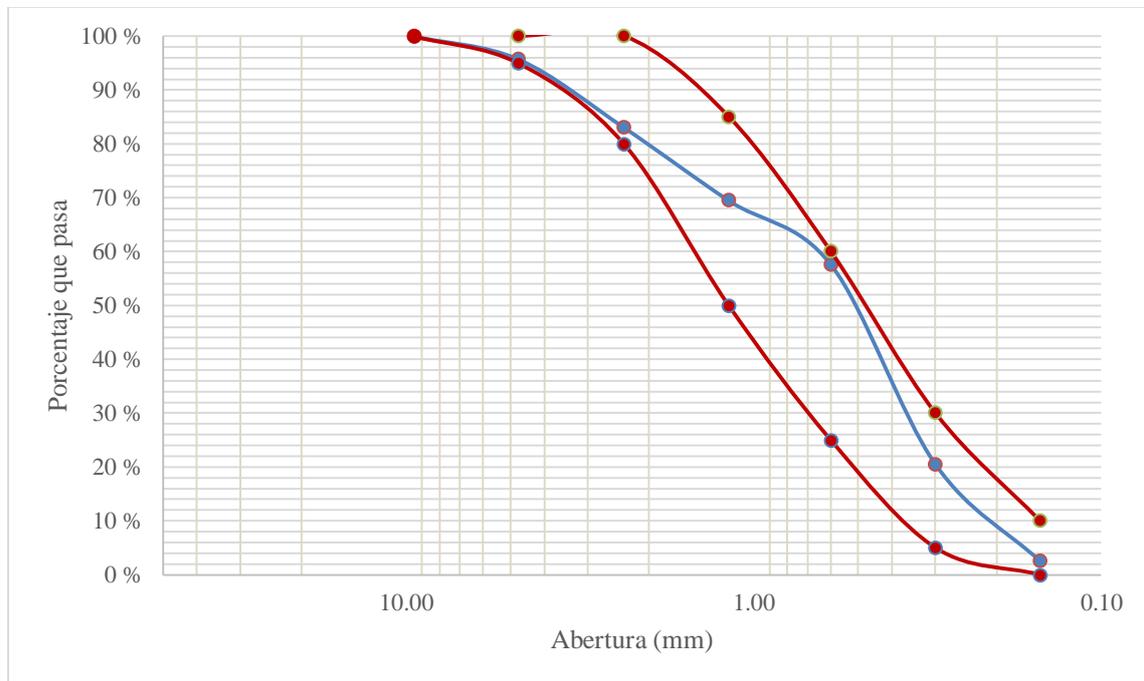
Tabla 44: Resultados de ensayo Granulométrico Agregado Fino

| PESO DE LA MUESTRA INICIAL | | 1500 gr | | | | | |
|----------------------------|---------------|---------------|-----------------|---------------------------|--------|-----------------|-----------------|
| Tamiz (") | Abertura (mm) | Peso Retenido | % Peso Retenido | % Peso Retenido Acumulado | % Pasa | LIMITE INFERIOR | LIMITE SUPERIOR |
| 2 | 50.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 1 1/2 | 37.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 1 | 25.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 3/4 | 19.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 1/2 | 12.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100 | 100 |
| 3/8 | 9.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100.0 | 100 |
| N° 4 | 4.75 | 64.00 | 4.27 | 4.27 | 95.73 | 95.0 | 100.0 |
| N° 8 | 2.36 | 190.00 | 12.68 | 16.96 | 83.04 | 80.0 | 100.0 |
| N° 16 | 1.18 | 203.00 | 13.55 | 30.51 | 69.49 | 50.0 | 85.0 |
| N° 30 | 0.60 | 178.00 | 11.88 | 42.39 | 57.61 | 25.0 | 60.0 |
| N° 50 | 0.30 | 556.00 | 37.12 | 79.51 | 20.49 | 5.0 | 30.0 |
| N° 100 | 0.15 | 269.00 | 17.96 | 97.46 | 2.54 | 0.0 | 10.0 |
| Fondo | 0.00 | 38.00 | 2.54 | 100.00 | 0.00 | | |
| | Σ | 1498.00 | 100.00 | | | | |

Fuente: Base de datos, 2019

$$\text{Módulo de Finura MF} = \frac{\text{Tamiz N}^\circ (4,8,16,30,50,100)}{100} = 2.71$$

Figura 12: Curva Granulométrica Agregado Fino



Fuente: Elaboración Propia, 2019

CONTENIDO DE HUMEDAD (NTP 339.185)

a) Agregado Grueso:

Tabla 45: Resultados de Contenido de Humedad Agregado Grueso

| ENSAYO | 1 | 2 | 3 | Antes de la mezcla |
|------------------------------|------|------|------|--------------------|
| Masa de muestra Húmeda (gr) | 3000 | 3000 | 3000 | 3000 |
| Masa de la muestra seca (gr) | 2990 | 2992 | 2988 | 2990 |
| Contenido de humedad (%) | 0.33 | 0.27 | 0.40 | 0.33 |
| Promedio (%) | 0.33 | | | |

Fuente: Base de datos, 2019

b) Agregado Fino:

Tabla 46: *Resultados de Contenido de Humedad Agregado Fino*

| ENSAYO | 1 | 2 | 3 | Antes de la mezcla |
|------------------------------|------|------|------|--------------------|
| Masa de muestra Húmeda (gr) | 500 | 500 | 500 | 500 |
| Masa de la muestra seca (gr) | 495 | 497 | 497 | 491.93 |
| Contenido de humedad (%) | 1.01 | 0.60 | 0.60 | 1.64 |
| Promedio (%) | 0.74 | | | |

Fuente: Base de datos, 2019

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO (NTP 400.021)

Tabla 47: *Resultados Peso Específico y Absorción del Agregado Grueso*

| ENSAYO | 1 | 2 | 3 | 4 | Promedio |
|--|---------|------|------|------|----------|
| Peso de muestra seca al horno (gr) (A) | 2984.00 | 2986 | 2966 | 2964 | |
| Peso muestra SSS (gr) (B) | 3004.00 | 3012 | 3028 | 3014 | |
| Peso en el agua de la muestra saturada (gr) (C) | 1881.00 | 1883 | 1886 | 1885 | |
| Peso específico de masa (Pem) gr. | 2.66 | 2.64 | 2.60 | 2.63 | 2.63 |
| Peso específico de masa saturada superficialmente seca (PeSSS) gr. | 2.67 | 2.67 | 2.65 | 2.67 | 2.67 |
| Peso Específico Aparente (Pea) | 2.71 | 2.71 | 2.75 | 2.75 | 2.73 |
| % Absorción | 0.67 | 0.87 | 2.09 | 1.69 | 1.33 |

Fuente: Base de datos, 2019

PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO (NTP 400.022)

Tabla 48: *Resultados Peso Específico y Absorción del Agregado Fino*

| ENSAYO | 1 | 2 | 3 | Promedio |
|---|--------|--------|--------|----------|
| Peso de muestra seca al horno (gr) (A) | 490.00 | 490.00 | 494.00 | |
| Peso muestra SSS (gr) | 500.00 | 500.00 | 500.00 | |
| Peso de fiola + agua (gr) (B) | 660.00 | 664.00 | 668.00 | |
| Peso de fiola + agua + muestra (gr) (C) | 972.00 | 978.00 | 984.00 | |
| Peso específico de masa (Pem) gr. | 2.61 | 2.63 | 2.68 | 2.64 |
| Peso específico de masa saturada superficialmente seca (PeSSS) gr. | 2.66 | 2.69 | 2.72 | 2.69 |
| Peso Específico Aparente (Pea) | 2.75 | 2.78 | 2.78 | 2.77 |
| % Absorción | 2.04 | 2.04 | 1.21 | 1.77 |

Fuente: Base de datos, 2019

PESO UNITARIO DEL AGREGADO (NTP 400.017)

a) Agregado Grueso

Tabla 49: *Resultados Peso Unitario del Agregado Grueso*

| PESO UNITARIO SUELTO | | | |
|--|--------|--------|--------|
| ENSAYO | 1 | 2 | 3 |
| Peso del recipiente (Kg) | 5.52 | 5.52 | 5.52 |
| Peso del agregado suelto + recipiente (Kg) | 26.17 | 26.204 | 26.036 |
| Volumen del recipiente (m ³) | 0.014 | 0.014 | 0.014 |
| Peso Unitario Suelto (Kg/ m ³) | 1475 | 1478 | 1466 |
| Peso Unitario Suelto Promedio (Kg/ m³) | | 1473 | |
| PESO UNITARIO COMPACTADO | | | |
| ENSAYO | 1 | 2 | 3 |
| Peso del Recipiente (Kg) | 5.52 | 5.52 | 5.52 |
| Peso del agregado compactado + recipiente (kg) | 27.506 | 27.838 | 27.714 |
| Volumen del recipiente (m ³) | 0.014 | 0.014 | 0.014 |
| Peso Unitario Compactado (Kg/ m ³) | 1571 | 1595 | 1586 |
| Peso Unitario Compactado Promedio (Kg/ m³) | | 1584 | |

Fuente: Base de datos, 2019

b) Agregado Fino

Tabla 50: *Resultados Peso Unitario del Agregado Fino*

| PESO UNITARIO SUELTO | | | |
|---|--------|--------|--------|
| ENSAYO | 1 | 2 | 3 |
| Peso del recipiente (Kg) | 5.52 | 5.52 | 5.52 |
| Peso del agregado suelto + recipiente (Kg) | 28.688 | 28.75 | 28.77 |
| Volumen del recipiente (m ³) | 0.014 | 0.014 | 0.014 |
| Peso Unitario Suelto (Kg/m ³) | 1655 | 1660 | 1661 |
| Peso Unitario Suelto Promedio (Kg/m³) | | 1659 | |
| PESO UNITARIO COMPACTADO | | | |
| ENSAYO | 1 | 2 | 3 |
| Peso del Recipiente (Kg) | 5.52 | 5.52 | 5.52 |
| Peso del agregado compactado + recipiente (kg) | 30.896 | 30.952 | 30.948 |
| Volumen del recipiente (m ³) | 0.014 | 0.014 | 0.014 |
| Peso Unitario Compactado (Kg/m ³) | 1813 | 1817 | 1817 |
| Peso Unitario Compactado Promedio (Kg/m³) | | 1816 | |

Fuente: Base de datos, 2019

ANEXO N°2: CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIO

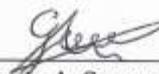


CERTIFICADO DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Gregorio Alejandro Ganoza Aguilar, hace constar por medio de la presente que el Srta. Chavez Silva Ana Felicitas, identificada con D.N.I N° 75063631, ha realizado los ensayos de granulometría, contenido de humedad, peso unitario de agregados, peso específico, absorción, asentamiento, temperatura, peso unitario del concreto en estado fresco y resistencia a la compresión de probetas de concreto en las instalaciones del *Laboratorio de Concreto y Estructuras* de esta universidad, requeridos para la tesis "*Influencia del tamaño de vidrio molido en la Resistencia a Compresión del concreto, Trujillo 2019.*"; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 28 de febrero del 2019



Gregorio A. Ganoza Aguilar
Asistente de Laboratorio

ANEXO N°3: DISEÑO DE MEZCLA ACI 211

Se realizará el diseño para un concreto de $f'c$ 210 kg/cm², ya que es el usualmente diseñado para columnas, se considera un asentamiento de 3" a 4" porque se quiere obtener una mezcla plástica, y cemento Portland Tipo I usado para obras en general.

$$f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{TMN} = 3/4''$$

$$\text{Slump} = 3'' \text{ a } 4''$$

Cemento = Pacasmayo Tipo I sin aire incorporado

Tabla 51: *Datos de los materiales*

| Elemento | P. Específico (kg/m ³) | Peso Unitario Compactado (kg/m ³) | M.F. | % Absorción | % Humedad |
|-----------|--|--|------|----------------|--------------|
| Cemento | 3150 | | | | |
| A. Fino | 2640 | 1816 | 2.71 | 1.77% | 1.64% |
| A. Grueso | 2630 | 1584 | - | 1.33% | 0.33% |
| Agua | 1000 | | | | |

Fuente: Base de datos, 2019

Resistencia a compresión media requerida (kg/cm²)

$$f'cr = f'c + 84$$

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

Volumen de agua (l/m³) = 205

Relación a/c:

$$\frac{250}{294} = 0.62$$

$$\frac{294}{300} = x$$

$$\frac{300}{x} = 0.55$$

$$x = 0.56$$

Factor cemento: 367.1 kg/m³

bolsas = 9 bol/m³

% de aire atrapado = 2.00%

Factor b/bo:

$$\begin{array}{r} 2.60 \quad 0.64 \\ 2.71 \quad \times \\ \hline 2.80 \quad 0.62 \\ b/bo = 0.63 \end{array}$$

$$b = 0.63 * \text{Peso Unitario Compactado A.G.} = 996.336 \text{ kg/m}^3$$

Volúmenes Absolutos:

$$V. \text{ agua} = 0.205 \text{ m}^3$$

$$V. \text{ cemento} = 0.1165 \text{ m}^3$$

$$V. \text{ aire} = 0.02 \text{ m}^3$$

$$V. \text{ A. grueso} = 0.37883 \text{ m}^3$$

$$\Sigma V. \text{ absoluto} = 0.72038 \text{ m}^3$$

Valores de diseño en laboratorio:

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

$$\text{Aire} = 2.0\%$$

$$\text{Cemento} = 367.1 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{A. fino} = 738.194 \text{ kg/ m}^3$$

$$\text{A. grueso} = 996.336 \text{ kg/ m}^3$$

$$V. \text{ A. fino} = 1 - \Sigma V. \text{ absoluto} = 0.280 \text{ m}^3$$

$$P. \text{ fino} = V. \text{ A. fino} * P. \text{ em} = 738.194 \text{ kg/m}^3$$

Corrección por Humedad

Pesos Húmedos

$$P. \text{ A. fino} = P. \text{ seco} * (1 + W\%) = 750.30 \text{ kg/m}^3$$

$$P. \text{ A. grueso} = P. \text{ seco} * (1 + W\%) = 999.624 \text{ kg/m}^3$$

Humedad Superficial

$$\text{A. Fino} = (W\% - \% \text{ Abs}) = -0.13\%$$

$$\text{A. Grueso} = (W\% - \% \text{ Abs}) = -1.00\%$$

Aporte de agua por Humedad

$$\text{A. Fino} = P. \text{ seco} * \text{Humedad Superficial} = -0.960$$

$$\text{A. Grueso} = P. \text{ seco} * \text{Humedad Superficial} = -9.963$$

$$\text{A.F.} + \text{A.G.} = -10.923 \text{ lt/m}^3$$

Agua Efectiva

$$\text{A. Efectiva} = 205 - 10.923$$

$$\text{A. Efectiva} = 215.9230 \text{ lt/m}^3$$

Valores de diseño al pie de obra

| | | |
|--------------|---|----------------------------|
| Cemento | = | 367.120 kg/ m ³ |
| A. F. Húmedo | = | 750.300 kg/ m ³ |
| A. G. Húmedo | = | 999.624kg/ m ³ |
| Agua | = | 215.923lt/ m ³ |

Tabla 52: *Comprobación de resultados*

| Materiales | Peso seco | CORRECCIÓN POR ABSORCIÓN | CORRECCIÓN POR HUMEDAD |
|------------|-----------|--------------------------------|------------------------------|
| | | Peso SSS | Peso Húmedo |
| Cemento | 367.1 | 367.120 | 367.120 |
| A. Fino | 738.194 | 751.260 | 750.300 |
| A. Grueso | 996.336 | 1009.587 | 999.624 |
| Agua | 205 | 205.000 | 215.923 |
| P.U.C. | 2306.7 | 2332.967 | 2332.967 |

Fuente: Base de datos, 2019

DIMENSIONES DE PROBETA:

| | | |
|---------------|-------------------------|---------------|
| | pulg. | m. |
| Diámetro | 4 | 0.1016 |
| <u>Altura</u> | 8 | <u>0.2032</u> |
| Volumen | 0.001647 m ³ | |

Tabla 53: *Cantidad de material para probetas*

| | 1 probeta | 72 probetas |
|----------------|-----------|-------------|
| Cemento (kg) | 0.605 | 43.545 |
| A. Fino (kg) | 1.236 | 88.996 |
| A. Grueso (kg) | 1.647 | 118.569 |
| Agua (lt) | 0.356 | 25.611 |

Fuente: Base de datos, 2019

ANEXO N°4: DETALLE DE COSTOS PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO

El rendimiento y los precios de mano de obra se obtuvieron de CAPECO. Los precios de los agregados son los mismos que se invirtieron para esta investigación, obtenidos de la cantera “El Milagro” y el precio del cemento también es el mismo que se gastó. Para el precio del vidrio molido se consideró el mismo que costó molerlo, es decir, 1 soles por cada Kg de vidrio molido obtenido para cada malla; se está considerando el costo de moler el vidrio, ya que el material en sí no tuvo costo alguno.

| PRODUCCIÓN PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO CON 0% VIDRIO MOLIDO | | | | | | | |
|--|--|-----------|---------------|--------|-----------|---------------|------------|
| PARTIDA | CONCRETO f _c = 210 kg/cm ² | | RENDIMIENTO : | | 20 M3/DIA | | |
| UNIDAD | M3 | | | | | PRECIO TOTAL: | S/. 598.40 |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | | |
| MANO DE OBRA | | | | | | S/. 250.64 | |
| OPERARIO | hh | 2.00 | 0.80 | 67.20 | 53.76 | | |
| OFICIAL | hh | 2.00 | 0.80 | 53.70 | 42.96 | | |
| PEON | hh | 8.00 | 3.20 | 48.10 | 153.92 | | |
| MATERIALES | | | | | | S/. 310.24 | |
| CEMENTO PACASMAYO TIPO 1 | m3 | | 8.6381 | 26.50 | 228.91 | | |
| AGREGADO FINO | m3 | | 0.7503 | 40.00 | 30.01 | | |
| AGREGADO GRUESO | bol | | 0.9996 | 50.00 | 49.98 | | |
| AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.2159 | 6.20 | 1.34 | | |
| VIDRIO MOLIDO 0% | kg | | | 1.00 | 0.00 | | |
| EQUIPOS | | | | | | S/. 37.52 | |
| MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3 | hm | 1.00 | 0.40 | 50.00 | 20.00 | | |
| VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40" | hm | 1.00 | 0.40 | 25.00 | 10.00 | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.00 | | 7.52 | | |

| PRODUCCIÓN PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO CON 30% VIDRIO MOLIDO MALLA #8 | | | | | | | |
|--|--|-----------|---------------|--------|-----------|---------------|------------|
| PARTIDA | CONCRETO f _c = 210 kg/cm ² | | RENDIMIENTO : | | 20 M3/DIA | | |
| UNIDAD | M3 | | | | | PRECIO TOTAL: | S/. 629.72 |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | | |
| MANO DE OBRA | | | | | | S/. 250.64 | |
| OPERARIO | hh | 2.00 | 0.80 | 67.20 | 53.76 | | |
| OFICIAL | hh | 2.00 | 0.80 | 53.70 | 42.96 | | |
| PEON | hh | 8.00 | 3.20 | 48.10 | 153.92 | | |
| MATERIALES | | | | | | S/. 341.56 | |
| CEMENTO PACASMAYO TIPO 1 | m3 | | 8.6381 | 26.50 | 228.91 | | |
| AGREGADO FINO | m3 | | 0.7503 | 40.00 | 30.01 | | |
| AGREGADO GRUESO | bol | | 0.9996 | 50.00 | 49.98 | | |
| AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.2159 | 6.20 | 1.34 | | |
| VIDRIO MOLIDO MALLA #8 | kg | | 31.32 | 1.00 | 31.32 | | |
| EQUIPOS | | | | | | S/. 37.52 | |
| MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3 | hm | 1.00 | 0.40 | 50.00 | 20.00 | | |
| VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40" | hm | 1.00 | 0.40 | 25.00 | 10.00 | | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.00 | | 7.52 | | |

| PRODUCCIÓN PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO CON 40% VIDRIO MOLIDO MALLA #8 | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|---------------|--------|------------------------|------------|
| PARTIDA | CONCRETO f'c = 210 kg/cm ² | | RENDIMIENTO : | | 20 M ³ /DIA | |
| UNIDAD | M ³ | PRECIO TOTAL: S/. 640.16 | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | |
| MANO DE OBRA | | | | | | S/. 250.64 |
| OPERARIO | hh | 2.00 | 0.80 | 67.20 | 53.76 | |
| OFICIAL | hh | 2.00 | 0.80 | 53.70 | 42.96 | |
| PEON | hh | 8.00 | 3.20 | 48.10 | 153.92 | |
| MATERIALES | | | | | | S/. 352.00 |
| CEMENTO PACASMAYO TIPO 1 | m ³ | | 8.6381 | 26.50 | 228.91 | |
| AGREGADO FINO | m ³ | | 0.7503 | 40.00 | 30.01 | |
| AGREGADO GRUESO | bol | | 0.9996 | 50.00 | 49.98 | |
| AGUA PUESTA EN OBRA | m ³ | | 0.2159 | 6.20 | 1.34 | |
| VIDRIO MOLIDO MALLA #8 | kg | | 41.76 | 1.00 | 41.76 | |
| EQUIPOS | | | | | | S/. 37.52 |
| MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3 | hm | 1.00 | 0.40 | 50.00 | 20.00 | |
| VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40" | hm | 1.00 | 0.40 | 25.00 | 10.00 | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.00 | | 7.52 | |

| PRODUCCIÓN PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO CON 50% VIDRIO MOLIDO MALLA #8 | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|---------------|--------|------------------------|------------|
| PARTIDA | CONCRETO f'c = 210 kg/cm ² | | RENDIMIENTO : | | 20 M ³ /DIA | |
| UNIDAD | M ³ | PRECIO TOTAL: S/. 650.60 | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | |
| MANO DE OBRA | | | | | | S/. 250.64 |
| OPERARIO | hh | 2.00 | 0.80 | 67.20 | 53.76 | |
| OFICIAL | hh | 2.00 | 0.80 | 53.70 | 42.96 | |
| PEON | hh | 8.00 | 3.20 | 48.10 | 153.92 | |
| MATERIALES | | | | | | S/. 362.44 |
| CEMENTO PACASMAYO TIPO 1 | m ³ | | 8.6381 | 26.50 | 228.91 | |
| AGREGADO FINO | m ³ | | 0.7503 | 40.00 | 30.01 | |
| AGREGADO GRUESO | bol | | 0.9996 | 50.00 | 49.98 | |
| AGUA PUESTA EN OBRA | m ³ | | 0.2159 | 6.20 | 1.34 | |
| VIDRIO MOLIDO MALLA #8 | kg | | 52.2 | 1.00 | 52.20 | |
| EQUIPOS | | | | | | S/. 37.52 |
| MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3 | hm | 1.00 | 0.40 | 50.00 | 20.00 | |
| VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40" | hm | 1.00 | 0.40 | 25.00 | 10.00 | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.00 | | 7.52 | |

| PRODUCCIÓN PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO CON 60% VIDRIO MOLIDO MALLA #8 | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--------------------------|---------------|--------|------------------------|------------|
| PARTIDA | CONCRETO f'c = 210 kg/cm ² | | RENDIMIENTO : | | 20 M ³ /DIA | |
| UNIDAD | M ³ | PRECIO TOTAL: S/. 661.04 | | | | |
| DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | |
| MANO DE OBRA | | | | | | S/. 250.64 |
| OPERARIO | hh | 2.00 | 0.80 | 67.20 | 53.76 | |
| OFICIAL | hh | 2.00 | 0.80 | 53.70 | 42.96 | |
| PEON | hh | 8.00 | 3.20 | 48.10 | 153.92 | |
| MATERIALES | | | | | | S/. 372.88 |
| CEMENTO PACASMAYO TIPO 1 | m ³ | | 8.6381 | 26.50 | 228.91 | |
| AGREGADO FINO | m ³ | | 0.7503 | 40.00 | 30.01 | |
| AGREGADO GRUESO | bol | | 0.9996 | 50.00 | 49.98 | |
| AGUA PUESTA EN OBRA | m ³ | | 0.2159 | 6.20 | 1.34 | |
| VIDRIO MOLIDO MALLA #8 | kg | | 62.64 | 1.00 | 62.64 | |
| EQUIPOS | | | | | | S/. 37.52 |
| MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3 | hm | 1.00 | 0.40 | 50.00 | 20.00 | |
| VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40" | hm | 1.00 | 0.40 | 25.00 | 10.00 | |
| HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.00 | | 7.52 | |

| PRODUCCIÓN PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO CON 30% VIDRIO MOLIDO MALLA #16 | | | | | | |
|---|---|--------|---------------|----------|---------------|------------|
| PARTIDA | CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | | RENDIMIENTO : | | 20 M3/DIA | |
| UNIDAD | M3 | | | | PRECIO TOTAL: | S/. 624.99 |
| | DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL |
| MANO DE OBRA | | | | | | S/. 250.64 |
| | OPERARIO | hh | 2.00 | 0.80 | 67.20 | 53.76 |
| | OFICIAL | hh | 2.00 | 0.80 | 53.70 | 42.96 |
| | PEON | hh | 8.00 | 3.20 | 48.10 | 153.92 |
| MATERIALES | | | | | | S/. 336.83 |
| | CEMENTO PACASMAYO TIPO 1 | m3 | | 8.6381 | 26.50 | 228.91 |
| | AGREGADO FINO | m3 | | 0.7503 | 40.00 | 30.01 |
| | AGREGADO GRUESO | bol | | 0.9996 | 50.00 | 49.98 |
| | AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.2159 | 6.20 | 1.34 |
| | VIDRIO MOLIDO MALLA #16 | kg | | 26.59 | 1.00 | 26.59 |
| EQUIPOS | | | | | | S/. 37.52 |
| | MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3 | hm | 1.00 | 0.40 | 50.00 | 20.00 |
| | VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40" | hm | 1.00 | 0.40 | 25.00 | 10.00 |
| | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.00 | | 7.52 |

| PRODUCCIÓN PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO CON 40% VIDRIO MOLIDO MALLA #16 | | | | | | |
|---|---|--------|---------------|----------|---------------|------------|
| PARTIDA | CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | | RENDIMIENTO : | | 20 M3/DIA | |
| UNIDAD | M3 | | | | PRECIO TOTAL: | S/. 633.85 |
| | DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL |
| MANO DE OBRA | | | | | | S/. 250.64 |
| | OPERARIO | hh | 2.00 | 0.80 | 67.20 | 53.76 |
| | OFICIAL | hh | 2.00 | 0.80 | 53.70 | 42.96 |
| | PEON | hh | 8.00 | 3.20 | 48.10 | 153.92 |
| MATERIALES | | | | | | S/. 345.69 |
| | CEMENTO PACASMAYO TIPO 1 | m3 | | 8.6381 | 26.50 | 228.91 |
| | AGREGADO FINO | m3 | | 0.7503 | 40.00 | 30.01 |
| | AGREGADO GRUESO | bol | | 0.9996 | 50.00 | 49.98 |
| | AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.2159 | 6.20 | 1.34 |
| | VIDRIO MOLIDO MALLA #16 | kg | | 35.45 | 1.00 | 35.45 |
| EQUIPOS | | | | | | S/. 37.52 |
| | MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3 | hm | 1.00 | 0.40 | 50.00 | 20.00 |
| | VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40" | hm | 1.00 | 0.40 | 25.00 | 10.00 |
| | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.00 | | 7.52 |

| PRODUCCIÓN PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO CON 50% VIDRIO MOLIDO MALLA #16 | | | | | | |
|---|---|--------|---------------|----------|---------------|------------|
| PARTIDA | CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | | RENDIMIENTO : | | 20 M3/DIA | |
| UNIDAD | M3 | | | | PRECIO TOTAL: | S/. 642.71 |
| | DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL |
| MANO DE OBRA | | | | | | S/. 250.64 |
| | OPERARIO | hh | 2.00 | 0.80 | 67.20 | 53.76 |
| | OFICIAL | hh | 2.00 | 0.80 | 53.70 | 42.96 |
| | PEON | hh | 8.00 | 3.20 | 48.10 | 153.92 |
| MATERIALES | | | | | | S/. 354.55 |
| | CEMENTO PACASMAYO TIPO 1 | m3 | | 8.6381 | 26.50 | 228.91 |
| | AGREGADO FINO | m3 | | 0.7503 | 40.00 | 30.01 |
| | AGREGADO GRUESO | bol | | 0.9996 | 50.00 | 49.98 |
| | AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.2159 | 6.20 | 1.34 |
| | VIDRIO MOLIDO MALLA #16 | kg | | 44.31 | 1.00 | 44.31 |
| EQUIPOS | | | | | | S/. 37.52 |
| | MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3 | hm | 1.00 | 0.40 | 50.00 | 20.00 |
| | VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40" | hm | 1.00 | 0.40 | 25.00 | 10.00 |
| | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.00 | | 7.52 |

| PRODUCCIÓN PARA UN METRO CÚBICO DE CONCRETO CON 60% VIDRIO MOLIDO MALLA #16 | | | | | | | |
|---|---|--------|---------------|----------|-----------|---------------|------------|
| PARTIDA | CONCRETO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ | | RENDIMIENTO : | | 20 M3/DÍA | | |
| UNIDAD | M3 | | | | | PRECIO TOTAL: | S/. 651.57 |
| | DESCRIPCION | UNIDAD | CUADRILLA | CANTIDAD | PRECIO | PARCIAL | |
| MANO DE OBRA | | | | | | S/. 250.64 | |
| | OPERARIO | hh | 2.00 | 0.80 | 67.20 | 53.76 | |
| | OFICIAL | hh | 2.00 | 0.80 | 53.70 | 42.96 | |
| | PEON | hh | 8.00 | 3.20 | 48.10 | 153.92 | |
| MATERIALES | | | | | | S/. 363.41 | |
| | CEMENTO PACASMAYO TIPO 1 | m3 | | 8.6381 | 26.50 | 228.91 | |
| | AGREGADO FINO | m3 | | 0.7503 | 40.00 | 30.01 | |
| | AGREGADO GRUESO | bol | | 0.9996 | 50.00 | 49.98 | |
| | AGUA PUESTA EN OBRA | m3 | | 0.2159 | 6.20 | 1.34 | |
| | VIDRIO MOLIDO MALLA #16 | kg | | 53.17 | 1.00 | 53.17 | |
| EQUIPOS | | | | | | S/. 37.52 | |
| | MEZCLADOR DE CONCRETO TAMBOR 23 HP 11 P3 | hm | 1.00 | 0.40 | 50.00 | 20.00 | |
| | VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40" | hm | 1.00 | 0.40 | 25.00 | 10.00 | |
| | HERRAMIENTAS MANUALES | %MO | | 3.00 | | 7.52 | |

ANEXO N°5: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE PRENSA DE CONCRETO

| METROTEC | | METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. <small>Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio</small> |
|--|--|---|
| <i>Área de Metrología</i> <i>Laboratorio de Fuerza</i> | | CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 097 - 2017 |
| | | <small>Página 1 de 3</small> |
| 1. Expediente | 17086 | 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). |
| 2. Solicitante | UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C. | |
| 3. Dirección | Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD. | |
| 4. Equipo | PRENSA DE CONCRETO | Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez. |
| Capacidad | 250000 lbf | |
| Marca | FORNEY | |
| Modelo | F-25EX-F-CPILOT | |
| Número de Serie | 12117 | |
| Procedencia | U.S.A. | |
| Identificación | NO INDICA | |
| Indicación | DIGITAL | |
| Marca | FORNEY | |
| Modelo | TA-1252 | |
| Número de Serie | NO INDICA | |
| Resolución | 1 lbf | |
| Ubicación | LABORATORIO DE CONCRETO - PABELLON C. INGENIERIA CIVIL. | |
| 5. Fecha de Calibración | 2017-04-25 | |
| Fecha de Emisión | Jefe del Laboratorio de Metrología | Sello |
| 2017-04-28 | |  |
|  JUAN C. QUISPE MORALES | | |
| <small>Metrología & Técnicas S.A.C. Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ Telf.: (511) 540-0642 Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282 RPM: *849272 / #971439282 / #942635342</small> | | <small>email: metrologia@metrologiatecnicas.com ventas@metrologiatecnicas.com WEB: www.metrologiatecnicas.com</small> |

ANEXO N° 6: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE BALANZA ELECTRÓNICA

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 203 - 2017

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

| | | |
|--|---|---|
| <p>1. Expediente</p> <p>2. Solicitante</p> <p>3. Dirección</p> <p>4. Equipo de medición</p> <p> Capacidad Máxima</p> <p> División de escala (d)</p> <p> Div. de verificación (e)</p> <p> Clase de exactitud</p> <p> Marca</p> <p> Modelo</p> <p> Número de Serie</p> <p> Capacidad mínima</p> <p> Procedencia</p> <p> Identificación</p> <p> Ubicación</p> <p>5. Fecha de Calibración</p> | <p>17086</p> <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</p> <p>Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.</p> <p>BALANZA ELECTRÓNICA</p> <p>4100 g</p> <p>0,01 g</p> <p>0,1 g</p> <p>II</p> <p>OHAUS</p> <p>PAJ4102</p> <p>8332050515</p> <p>0,50 g</p> <p>U.S.A.</p> <p>1-011843 (*)</p> <p>LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.</p> <p>2017-04-26</p> | <p>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).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p> |
|--|---|---|

Fecha de Emisión
2017-04-28

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello



JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282
RPM: *849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

ANEXO N° 7: Certificado de Calibración de Balanza – Ensayo de Pesaje



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 203 - 2017

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

| | | |
|-------------|---------|---------|
| Temperatura | Inicial | Final |
| | 27,4 °C | 27,4 °C |

| Carga L (g) | CRECIENTES | | | | DECRECIENTES | | | | e.m.p ** (± mg) |
|------------------|------------|-----------|----------|-----------------------|--------------|-----------|----------|-----------------------|----------------------|
| | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | E _c (mg) | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | E _c (mg) | |
| 0,10 | 0,10 | 5 | 0 | | | | | | |
| 0,50 | 0,50 | 5 | 0 | 0 | 0,51 | 5 | 10 | 10 | 100 |
| 1,00 | 1,00 | 5 | 0 | 0 | 1,00 | 6 | -1 | -1 | 100 |
| 10,00 | 10,00 | 6 | -1 | -1 | 10,01 | 7 | 8 | 8 | 100 |
| 50,00 | 50,00 | 6 | -1 | -1 | 50,01 | 7 | 8 | 8 | 100 |
| 100,00 | 100,00 | 6 | -1 | -1 | 100,01 | 7 | 8 | 8 | 100 |
| 500,00 | 500,01 | 7 | 8 | 8 | 500,01 | 6 | 9 | 9 | 200 |
| 1 000,00 | 1 000,01 | 7 | 8 | 8 | 1 000,01 | 6 | 9 | 9 | 200 |
| 2 000,00 | 2 000,02 | 6 | 19 | 19 | 2 000,01 | 8 | 7 | 7 | 300 |
| 3 000,00 | 3 000,02 | 7 | 18 | 18 | 3 000,02 | 8 | 17 | 17 | 300 |
| 4 100,01 | 4 100,02 | 7 | 8 | 8 | 4 100,02 | 7 | 8 | 8 | 300 |

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza. ΔL: Carga adicional. E₀: Error en cero.
I: Indicación de la balanza. E: Error encontrado. E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{ (0,0000485 \text{ g}^2 + 0,000000000230 \text{ R}^2)}$

Lectura corregida $R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0,00000864 \text{ R}$

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza 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.

Fin del documento

ANEXO N° 8: Certificado de Calibración de Balanza – resultado de mediciones

METROTEC

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

MT - LM - 203 - 2017

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición N° | Carga L1 = 2 000,01 g | | | Carga L2 = 4 000,01 g | | | |
|--------------------------|-----------------------|---------|--------|--------------------------|---------|--------|-------|
| | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | |
| 1 | 2 000,01 | 5 | 0 | 4 000,01 | 6 | -1 | |
| 2 | 2 000,01 | 5 | 0 | 4 000,01 | 6 | -1 | |
| 3 | 2 000,01 | 6 | -1 | 4 000,02 | 6 | 9 | |
| 4 | 2 000,01 | 5 | 0 | 4 000,02 | 5 | 10 | |
| 5 | 2 000,01 | 5 | 0 | 4 000,02 | 5 | 10 | |
| 6 | 2 000,01 | 5 | 0 | 4 000,02 | 6 | 9 | |
| 7 | 2 000,02 | 6 | 9 | 4 000,02 | 6 | 9 | |
| 8 | 2 000,01 | 5 | 0 | 4 000,02 | 6 | 9 | |
| 9 | 2 000,01 | 6 | -1 | 4 000,02 | 5 | 10 | |
| 10 | 2 000,01 | 5 | 0 | 4 000,02 | 5 | 10 | |
| Diferencia Máxima | | | 10 | Diferencia Máxima | | | 11 |
| Error Máximo Permissible | | | ± 300 | Error Máximo Permissible | | | ± 300 |

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

| | | |
|---|---|---|
| 2 | 1 | 5 |
| 3 | | 4 |

Posición
de las
cargas

| Temperatura | Inicial | Final |
|-------------|---------|---------|
| | 27,4 °C | 27,4 °C |

| Posición de la Carga | Determinación del Error en Cero Eo | | | | Determinación del Error Corregido Ec | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|-------|---------|---------|--------------------------------------|----------|---------|--------|---------|
| | Carga Mínima* | l (g) | ΔL (mg) | Eo (mg) | Carga L (g) | l (g) | ΔL (mg) | E (mg) | Ec (mg) |
| 1 | 0,10 g | 0,10 | 5 | 0 | 1 300,00 | 1 300,00 | 5 | 0 | 0 |
| 2 | | 0,10 | 5 | 0 | | 1 300,02 | 6 | 19 | 19 |
| 3 | | 0,10 | 5 | 0 | | 1 300,01 | 6 | 9 | 9 |
| 4 | | 0,10 | 5 | 0 | | 1 300,00 | 5 | 0 | 0 |
| 5 | | 0,10 | 5 | 0 | | 1 299,99 | 5 | -10 | -10 |
| Error máximo permisible | | | | | | | | | ± 200 |

* Valor entre 0 y 10e

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERU
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282
RPM: *8420773 / 8071490782 / 8942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com



ANEXO N° 9: Certificado de Calibración de Balanza – resultados



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 203 - 2017**

Área de Metrología

Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. 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. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.
Urb. Dean Saavedra Mz. G Lt. 24 San Isidro - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.

8. Condiciones Ambientales

| | Inicial | Final |
|------------------|---------|---------|
| Temperatura | 27,4 °C | 27,4 °C |
| Humedad Relativa | 65 % | 65 % |

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

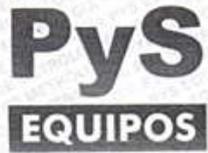
| Trazabilidad | Patrón utilizado | Certificado de calibración |
|--|-----------------------------------|----------------------------|
| PESAS (Clase de exactitud E1) Dirección de Metrología - INACAL 150033005 | PESAS (Clase de Exactitud: F1) | INACAL LM-C-535-2016 |
| PESAS (Clase de exactitud F1) DM - INACAL LM-C-317-2016 / LM- 491-2016. | PESAS (Clase de Exactitud: M1) | METROIL M-0774-2016 |
| PESAS (Clase de exactitud F2) DM-INACAL LM-414-2016. | | |

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.



ANEXO N° 10: Certificado de Calibración de Horno Electrónico



LABORATORIO DE METROLOGIA
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1193 /16

FECHA DE EMISIÓN: 2016-02-19
PÁGINA : 1 de 3

1. SOLICITANTE : UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. El Ejercito # 920-976 Trujillo La Libertad Peru

2. EQUIPO : HORNO ELECTRICO
MARCA : QUINCY LAB, COMERCIALIZADO POR FORNEY
MODELO : 21-250-1
N° SERIE : B221-00159
PROCEDENCIA : USA
IDENTIFICACIÓN : N/I
UBICACIÓN : LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS
TEMPERATURA DE TRABAJO : 120 °C

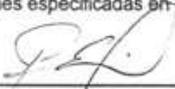
| DESCRIPCIÓN | CONTROL | INSTRUMENTO DEL EQUIPO |
|--------------------------|---------|------------------------|
| ALCANCE DE INDICACIÓN | 225 °C | (*) |
| DIV. ESCALA / RESOLUCION | 25 °C | (*) |
| TIPO | DIGITAL | (*) |

3. FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN
La calibración se efectuó el 19 de Febrero del 2016, en las instalaciones del laboratorio de PYS EQUIPOS.

4. MÉTODO Y PATRÓN DE MEDICIÓN :
La calibración se efectuó por comparación con patrones que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, tomando como referencia el Procedimiento de Calibración de Incubadoras y Estufas PC-007 del SNM/INDECOPI.
Se utilizó un termómetro patrón con Certificado de Calibración N° LT-587-2015 trazable a INACAL.

5. RESULTADOS :
La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:
Temperatura Ambiental : 23.5 °C Humedad Relativa : 75 % Presión Ambiental : 1 bar
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
La incertidumbre de la medición se ha determinado con un factor de cobertura k = 2, para un nivel de confianza de 95% aproximadamente.

6. OBSERVACIONES
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO". (*) El equipo solo cuenta con un control analogico de temperatura.
La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o reglamentos vigentes.
Los resultados se refieren únicamente al instrumento ensayado en el momento de la calibración y en las condiciones especificadas en este documento. No se realizó ningún tipo de ajuste al equipo antes de la calibración.


Revisado por:
Eler Pozo S.
Dpto. de Metrologia


Calibrado por:
Amed Castillo Espinoza
Técnico

Calle 4, Mz F1 Ll. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723 / 485 3873 Rpm: #945 183 033 / #945 181 317 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe

*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

ANEXO N° 11: Certificado de Calibración de Horno – Resultados de Temperatura

PyS
EQUIPOS

LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1193 /16

PÁGINA : 2 de 3

| TEMPERATURA DE TRABAJO : 120 °C | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------------|-------------|
| Tiempo (min) | Termómetro del equipo (°C) | Indicación de termómetros patrones | | | | | | | | | | Temperatura promedio (°C) | Tmax - Tmin |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | | |
| 00 | 120 | 122.5 | 122.3 | 126.2 | 121.2 | 119.5 | 122.0 | 119.0 | 129.3 | 120.5 | 118.9 | 122.1 | 10.4 |
| 02 | 120 | 124.8 | 125.2 | 129.8 | 123.2 | 122.4 | 121.7 | 133.6 | 128.2 | 123.3 | 121.2 | 125.3 | 12.4 |
| 04 | 120 | 123.9 | 123.9 | 128.3 | 122.1 | 120.5 | 122.4 | 119.2 | 128.2 | 120.5 | 118.4 | 122.7 | 9.9 |
| 06 | 120 | 125.1 | 125.2 | 130.0 | 122.5 | 121.8 | 124.9 | 120.5 | 130.8 | 121.3 | 118.8 | 124.1 | 12.0 |
| 08 | 120 | 125.2 | 125.2 | 129.8 | 122.9 | 122.2 | 124.6 | 120.8 | 132.7 | 122.2 | 120.0 | 124.6 | 12.7 |
| 10 | 120 | 122.9 | 122.9 | 126.5 | 121.1 | 119.5 | 121.8 | 118.6 | 127.4 | 120.2 | 118.5 | 121.9 | 8.9 |
| 12 | 120 | 124.4 | 124.6 | 129.8 | 122.3 | 121.3 | 124.0 | 120.4 | 130.9 | 121.8 | 119.8 | 123.9 | 11.1 |
| 14 | 120 | 122.0 | 122.1 | 126.0 | 120.9 | 119.3 | 121.6 | 118.4 | 128.4 | 120.3 | 118.5 | 121.8 | 10.0 |
| 16 | 120 | 125.5 | 125.3 | 130.9 | 123.0 | 122.6 | 126.2 | 121.7 | 135.0 | 123.3 | 121.0 | 125.5 | 14.0 |
| 18 | 120 | 122.7 | 123.3 | 127.3 | 121.9 | 120.9 | 123.4 | 120.1 | 130.2 | 122.0 | 120.0 | 123.2 | 10.2 |
| 20 | 120 | 122.4 | 122.8 | 127.2 | 121.6 | 120.9 | 123.9 | 120.9 | 132.7 | 122.6 | 120.7 | 123.6 | 12.0 |
| 22 | 120 | 125.0 | 125.2 | 130.3 | 123.1 | 122.7 | 125.5 | 121.8 | 133.0 | 123.5 | 121.2 | 125.1 | 11.8 |
| 24 | 120 | 123.2 | 123.2 | 127.1 | 121.4 | 119.7 | 121.8 | 118.7 | 128.4 | 120.5 | 118.7 | 122.3 | 9.7 |
| 26 | 120 | 124.3 | 124.3 | 128.8 | 122.7 | 121.8 | 124.8 | 121.2 | 133.0 | 122.8 | 121.0 | 124.5 | 12.0 |
| 28 | 120 | 124.1 | 123.9 | 128.1 | 122.1 | 121.1 | 123.3 | 119.9 | 130.0 | 121.0 | 119.3 | 123.3 | 10.7 |
| 30 | 120 | 123.2 | 123.6 | 127.5 | 121.4 | 120.3 | 122.2 | 119.3 | 128.9 | 120.4 | 118.3 | 122.5 | 10.6 |
| 32 | 120 | 123.6 | 124.0 | 128.0 | 121.9 | 120.8 | 123.0 | 119.4 | 128.7 | 120.5 | 119.2 | 122.9 | 9.5 |
| 34 | 120 | 124.6 | 124.7 | 129.2 | 122.4 | 121.7 | 124.6 | 121.0 | 132.1 | 122.2 | 120.0 | 124.3 | 12.1 |
| 36 | 120 | 124.1 | 124.3 | 128.7 | 122.2 | 121.4 | 124.3 | 120.3 | 131.2 | 121.6 | 119.6 | 123.8 | 11.6 |
| 38 | 120 | 122.3 | 122.4 | 126.6 | 120.9 | 119.3 | 121.8 | 118.5 | 127.3 | 119.9 | 118.1 | 121.7 | 9.2 |
| 40 | 120 | 125.3 | 125.3 | 130.2 | 123.0 | 122.9 | 125.6 | 121.6 | 133.2 | 123.2 | 120.8 | 125.1 | 12.4 |
| T. PROM. | 120 | 123.9 | 124.0 | 128.4 | 122.1 | 121.1 | 123.5 | 120.7 | 130.5 | 121.6 | 119.6 | 123.5 | |
| T. MAX. | 120 | 125.5 | 125.3 | 130.9 | 123.2 | 122.9 | 126.2 | 133.6 | 135.0 | 123.5 | 121.2 | | |
| T. MIN. | 120 | 122.0 | 122.1 | 126.0 | 120.9 | 119.3 | 121.6 | 118.4 | 127.3 | 119.9 | 118.1 | | |
| DTT | 0.0 | 3.5 | 3.2 | 4.9 | 2.3 | 3.6 | 4.6 | 15.2 | 7.7 | 3.6 | 3.1 | | |

DTT: Diferencia de temperatura (T. Max - T. Min.)

Temperatura Ambiental Promedio : 23.5 °C
 Tiempo de calibración del equipo : 40 minutos
 Tiempo de estabilización del equipo : 1 h 20 min

| DESVIACIÓN MÁXIMA DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO | | INCERTIDUMBRE (± °C) |
|---|--------------------|---------------------------|
| EN EL TIEMPO (°C) | EN EL ESPACIO (°C) | |
| 15.2 | 10.8 | 2.0 |

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
 Telf.: 522 0723 / 485 3873 Rpm: #945 183 033 / #945 181 317 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
 Web Page: www.pys.pe

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

ANEXO N° 12: Certificado de Calibración de Horno – Resultados de calibración

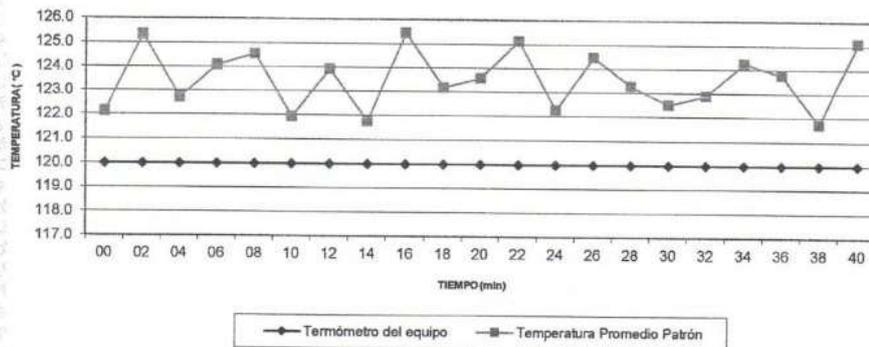
PyS
EQUIPOS

LABORATORIO DE METROLOGIA

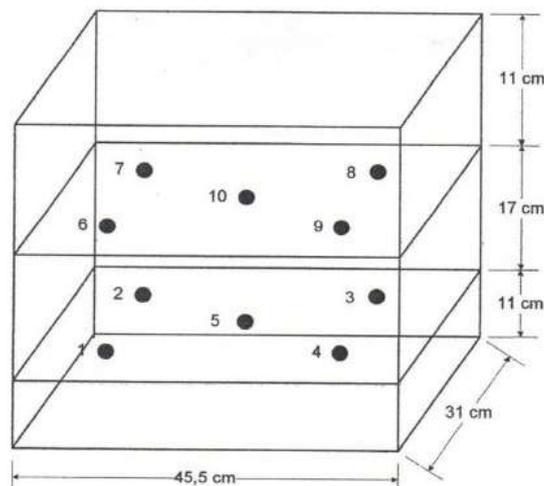
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1193 /16

PÁGINA : 3 de 3

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO
TEMPERATURA DE TRABAJO: 120 °C



UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los termopares 5 y 10 están ubicados sobre el centro de sus respectivos niveles a 1,5 cm por encima de ellos.
Los demás termopares están ubicados a un cuarto de la longitud de los lados del equipo (en el centro de cada

cuadrante) y a 1,5 cm por encima de sus niveles.

Calle 4, Mz F1 L. 05 Urb. Virgen del Rosario, Lima 31
Telf.: 522 0723 / 485 3873 Rpm: #945 183 033 / #945 181 317 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe

"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

ANEXO N° 13: PANEL FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFÍA N°1: ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



Fuente: Elaboración Propia, 2019

FOTOGRAFÍA N°2: ENSAYO DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTADO



Fuente: Elaboración Propia, 2019

FOTOGRAFÍA N°3: ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL
AGREGADO GRUESO



Fuente: Elaboración Propia, 2019

FOTOGRAFÍA N°4: ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL
AGREGADO FINO



Fuente: Elaboración Propia, 2019

FOTOGRAFÍA N°5: MOLIENDA Y TAMIZADO DEL VIDRIO



Fuente: Elaboración Propia, 2019

FOTOGRAFÍA N°6: REALIZACIÓN DE LA MEZCLA



Fuente: Elaboración Propia, 2019

FOTOGRAFÍA N°7: ENSAYO DE ASENTAMIENTO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO



Fuente: Elaboración Propia, 2019

FOTOGRAFÍA N°8: ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO



Fuente: Elaboración Propia, 2019

FOTOGRAFÍA N°9: ENSAYO DE TEMPERATURA DEL CONCRETO EN ESTADO FRESCO



Fuente: Elaboración Propia, 2019

FOTOGRAFÍA N°10: ELABORACIÓN Y CURADO DE LAS PROBETAS



Fuente: Elaboración Propia, 2019

FOTOGRAFÍA N°12: ENSAYO A COMPRESIÓN DE LAS PROBETAS



Fuente: Elaboración Propia, 2019