

# **UNIVERSIDAD SAN PEDRO**

## **FACULTAD DE INGENIERIA**

### **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**Resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>  
con agregado fino sustituido en 5% y 10% por vidrio molido  
reciclado.**

**Tesis para optar el título de ingeniera civil**

#### **Autor**

Codina Rodriguez, Rita Mariluz

#### **Asesor**

Castañeda Gamboa, Rogelio

Huaraz – Perú

2018

## Índice General

### **Contenido**

Título	i
Palabras clave - keywords	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
I). Introducción	1
II). Metodología	17
III). Resultados	37
IV). Análisis y discusión	44
V). Conclusiones y Recomendaciones	46
VI). Agradecimientos	48
VII). Referencias bibliográficas	49
VIII). Anexos y apéndices	51

## INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01. Esquema del diseño experimental	17
Tabla N° 02. Técnicas e instrumentos	18
Tabla N° 03. Granulometría del Agregado fino	20
Tabla N° 04. Granulometría del Agregado grueso	21
Tabla N° 05. Contenido de humedad del agregado fino	23
Tabla N° 06. Contenido de humedad del agregado grueso	24
Tabla N° 07. Peso unitario del agregado fino	25
Tabla N° 08. Peso unitario del agregado grueso	26
Tabla N° 09. Gravedad específica y absorción del agregado fino	27
Tabla N° 10. Gravedad específica y absorción del agregado grueso	29
Tabla N° 11. Diseño final para 01 m <sup>3</sup> de concreto patrón	30
Tabla N° 12. Dosificación en peso para el concreto patrón	30
Tabla N° 13. Diseño para 01 m <sup>3</sup> de concreto con 5% de vidrio	31
Tabla N° 14. Dosificación en peso para el concreto con 5% de vidrio	31
Tabla N° 15. Diseño para 01 m <sup>3</sup> de concreto con 10% de vidrio	31
Tabla N° 16. Dosificación en peso para el concreto con 10% de vidrio	32
Tabla N° 17. Materiales para una probeta de concreto patrón	33
Tabla N° 18. Materiales para una probeta de concreto con 5% de vidrio	33
Tabla N° 19. Materiales para una probeta de concreto con 10% de vidrio	33
Tabla N° 20. Composición elemental de la muestra de vidrio molido	37
Tabla N° 21. pH de agregado fino, vidrio molido, agregado fino - vidrio molido 5% y agregado fino - vidrio molido 10%.	38
Tabla N° 22. Cantidad de materiales y relación A/C para el concreto patrón y experimentales	38
Tabla N <sup>a</sup> 23. Resistencia a la compresión a los 07 días	39
Tabla N° 24. Resistencia a la compresión a los 14 días	40
Tabla N° 25. Resistencia a la compresión a los 28 días	41
Tabla N° 26. Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias de los concretos patrón y experimentales $f'_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	43

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura N° 01. Curva Granulométrica del agregado fino	20
Figura N°02. Curva Granulométrica del agregado grueso	22
Figura N° 03. Cono de abrams	35
Figura N° 04. Resistencia a la compresión de los concretos a los 07 días	39
Figura N° 05. Resistencia a la compresión de los concretos a los 14 días	40
Figura N° 06. Resistencia a la compresión de los concretos a los 28 días	41
Figura N° 07. Comportamiento de las resistencias de testigos por tipo de concretos en días	42

**RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN  
CONCRETO F'C=210 KG/CM2 CON AGREGADO FINO  
SUSTITUIDO EN 5% Y 10% POR VIDRIO MOLIDO  
RECICLADO**

**PALABRAS CLAVE:**

Tema	Resistencia del Concreto, vidrio
Especialidad	Tecnología del Concreto

**KEYWORDS:**

Topic	Concrete Resistance, glass
Specialization	Concrete Technology

**LINEA DE INVESTIGACION**

ÁREA	Ingeniería y Tecnología
SUB ÁREA	Ingeniería civil
DISCIPLINA	Ingeniería civil

## **Resumen:**

El presente proyecto de investigación tuvo por objetivo determinar los efectos que tendrá la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$  cuando se sustituye el agregado fino en un 5% y 10% por vidrio molido reciclado.

Fue una investigación aplicada y explicativa, de diseño experimental en bloque completo al azar, con un enfoque cuantitativo. Se elaborará 27 probetas: 9 con 0% (patrón), 9 con 5% y 9 con 10% de vidrio molido reciclado. La técnica que se utilizó fue de observación y como instrumento tuvimos las fichas técnicas de laboratorio de Mecánica de suelos y ensayos de materiales. El proceso de los datos se realizó con los programas Excel. Para el análisis de los datos se elaborará tablas, gráficos, porcentajes, medias y pruebas de hipótesis.

Las probetas fueron curadas y ensayadas a compresión a las edades de 7, 14 y 28 días, esto permitió conseguir resultados de resistencia a la compresión que al compararlos observamos que, a edades de 7, 14 y 28 días conforme se incrementa el contenido de vidrio la resistencia aumenta, donde sustituyendo agregado fino en 10% por vidrio molido reciclado se obtiene la mayor resistencia a los 28 días que es  $335.67\text{ kg/cm}^2$  alcanzando el 159.84% de la resistencia de diseño.

## **Abstract**

The objective of this research project was to determine the effects of the compressive strength of a concrete  $f'_c = 210 \text{ kg / cm}^2$  when the fine aggregate is replaced by 5% and 10% by recycled ground glass.

It was an applied and explanatory investigation, of experimental design in complete block at random, with a quantitative approach. Twenty-seven test pieces will be prepared: 9 with 0% (standard), 9 with 5% and 9 with 10% recycled ground glass. The technique that was used was for observation and as an instrument we had the technical data sheets of soil mechanics and material testing. The process of the data was done with Excel programs. For the analysis of the data, tables, graphs, percentages, means and tests of hypothesis will be elaborated.

The specimens were cured and tested by compression at the ages of 7, 14 and 28 days, this allowed to achieve compression resistance results that when comparing them we observed that, at ages of 7, 14 and 28 days as the glass content increases the resistance increases, where replacing fine aggregate in 10% by recycled milled glass gives the highest resistance at 28 days which is  $335.67 \text{ kg / cm}^2$ , reaching 159.84% of the design strength.



## I). INTRODUCCIÓN

De los antecedentes se ha tomado en cuenta algunos de los más importantes para realizar la presente investigación, según Catalán (2013), en su tesis “Estudio de la influencia del vidrio molido en hormigones grado h15, h20, y h30”, tuvo como objetivo dar una perspectiva al lector, acerca de la reutilización del vidrio de desecho, como un agregado no natural en el hormigón. Concluyó que los resultados muestran que el hormigón con adición de vidrio, mantiene prácticamente inalterable sus propiedades, tanto en estado fresco como endurecido, observándose un ligero aumento en la resistencia de las mezclas con un 10% de agregado de vidrio, resultado que es consistente con estudios previos, y que además confirma la hipótesis propuesta. Si bien, según los resultados obtenidos, no se apreció una variación significativa en la resistencia a partir de los hormigones patrones, este mismo hecho permite verificar que la inclusión de vidrio en el hormigón, es completamente factible, desde el punto de vista de inalterabilidad de las características principales de este material (densidad y resistencia). Un punto que juega en contra de esta iniciativa, es la inversión inicial asociada al tratamiento que requieren los residuos de vidrio, destinada a la implementación de maquinaria adecuada para el trabajo con este material, limpieza, separación de otros residuos, trituración, tamizado, etc., aunque en la actualidad existe gran variedad de productos desarrollados para la trituración de residuos.

En la investigación realizada por García & Morales (2014), en su tesis “Análisis de la Resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=250$  kgf/cm<sup>2</sup> sustituyendo 20% de cemento por vidrio molido”, analizó la resistencia a la compresión de un concreto  $f'c=250$  kgf/cm<sup>2</sup> sustituyendo 20% de cemento por vidrio molido. Concluye que las probetas de concreto modificado alcanzaron una resistencia máxima de  $f'c=124$  kgf/cm<sup>2</sup>, valor que representa una variación del 43.5% con respecto a la resistencia de la mezcla patrón. Por otra parte, las probetas de la mezcla modificada obtuvieron un asentamiento de 14cm, valor que resulto mayor que el obtenido en las probetas de concreto patrón. Tomando en cuenta las características de impermeabilidad del vidrio se asume que la mezcla de concreto modificado tuvo mayor contenido de humedad que el esperado, siendo un factor influyente en brusca disminución de la resistencia.

Así mismo en la investigación realizada por (Carrillo, 2016), denominada: “análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino”. Tuvo como objetivo general: Analizar la resistencia a compresión de probetas cilíndricas de hormigón dosificadas para un  $f^c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup> empleando en su composición vidrio reciclado molido en granulometrías adecuadas reemplazando parcialmente al agregado fino y los objetivos específicos fueron: Determinar la variación en la resistencia a compresión del hormigón al incrementar el porcentaje de vidrio reciclado molido en la mezcla; Establecer el porcentaje adecuado de vidrio en la composición de la mezcla, que permita mantener adecuadas características de resistencia a la compresión en el hormigón; comparar los resultados conseguidos del ensayo de probetas con adición de vidrio molido en reemplazo parcial de la arena y los que se obtiene de una probeta elaborada con hormigón común. Donde concluyó que: Durante la elaboración del hormigón con los diferentes porcentajes de vidrio añadidos en reemplazo de la arena se visualizó que al incrementar el porcentaje de vidrio la trabajabilidad mejora levemente, debido a la impermeabilidad en el vidrio que deja agua, que en el caso de la arena sería mayormente absorbida. La homogeneidad se mantiene en todos los casos. El ensayo de compresión a los 28 días de edad arrojó los siguientes resultados de resistencia 227.73kg/cm<sup>2</sup>, 224.09kg/cm<sup>2</sup>, 223.66kg/cm<sup>2</sup>, 221.68kg/cm<sup>2</sup> y 234.76kg/cm<sup>2</sup>, para adición de vidrio molido del 0% - 10% - 20% - 30% y 40% respectivamente. Verificando así que todas alcanzaron la resistencia de diseño. A los 28 días las muestras ensayadas permiten determinar que las mezclas cuyo porcentaje de vidrio añadido en reemplazo parcial de la arena es de 10, 20 y 30% alcanzan una resistencia ligeramente menor a la resistencia obtenida con las probetas de hormigón común, mientras que en el hormigón elaborado con 40% de vidrio en reemplazo de la arena se obtuvo una resistencia mayor a la del hormigón patrón, logrando 111.8% de la resistencia de diseño. Se concluye que la elaboración de hormigón simple con  $f^c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> empleando vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino es una posibilidad viable tanto estructuralmente como para beneficio del medio ambiente.

Frank (2015), Realizo la tesis denominada: “estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico”. Cuyo objetivo general fue: realizar el estudio experimental para obtener la resistencia de un concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico y los objetivos específicos fueron: Obtener las características mecánicas del agregado grueso y del agregado fino de una determinada cantera. Obtener el diseño de mezcla para un concreto  $f'_c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup> considerando un porcentaje de vidrio sódico cálcico. Calcular la resistencia del concreto a sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días. Donde concluyó que: La resistencia a la compresión obtenida fue de 318.75 Kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días, utilizando una dosificación que incluye un porcentaje mínimo de vidrio molido; los resultados obtenidos para obtener las características de los agregados fueron satisfactorios ya que estos cumplen con los husos granulométricos de la Norma Técnica Peruana 400.037. La dosificación para un concreto  $f'_c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup> agregando un porcentaje mínimo de vidrio molido mediante el método del ACI, fue de 1 :1.68 : 2.87 : 0.06Kg/bls / 22.7 lts/bls. La resistencia a la compresión obtenida en sus diferentes edades de 7, 14, 21 y 28 días fueron de 184 Kg/cm<sup>2</sup>, 220.4 Kg/cm<sup>2</sup>, 245.4 Kg/cm<sup>2</sup> y 318.8 Kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, utilizando una dosificación que incluye un porcentaje mínimo de vidrio molido. Considerando que la trabajabilidad para un concreto  $f'_c= 210$  Kg/cm<sup>2</sup> depende del asentamiento (slump) que tiene la mezcla, realizada la dosificación resultó 8cm, prueba que fue realiza con el cono de Abrams, por lo que se concluye que la adherencia del vidrio molido a la mezcla no afecta sus consistencias en su estado fresco. Los resultados obtenidos resultaron no satisfactorios en cuanto a la propiedad de resistencia a la compresión que debe tener el concreto  $f'_c = 210$  Kg/cm<sup>2</sup>, al parecer el porcentaje de vidrio molido añadido a una dosificación normal fue insuficiente.

La presente investigación se fundamenta en la teoría de la tecnología del concreto, en los principios básicos de la resistencia de materiales, así como en los estudios científicos recientes realizados sobre la resistencia del concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con la sustitución del agregado fino por vidrio molido.

Mediante la presente investigación, se busca determinar la resistencia de un concreto de  $f'_c=210$  kg/cm<sup>2</sup> cuando se sustituye el agregado fino en 5% y 10% por

vidrio molido reciclado, los resultados beneficiaran a las empresas constructoras, a los investigadores y a la sociedad en general.

Se justifica económica y social y ambientalmente; debido a que el diseño de concreto será más beneficioso ya que se utilizará menos cantidad de agregado fino, en tal sentido permitirá disminuir la contaminación ambiental por los vidrios que día a día son arrojados por la población.

Por lo tanto, este proyecto está encaminado a determinar comparativamente la resistencia a la compresión de cada una de las mezclas de concreto con la sustitución del agregado fino por vidrio reciclado en los porcentajes indicados, el análisis comparativo también implica la comparación con la resistencia a compresión del concreto sin adición (concreto patrón) para una fuerza de compresión de 210 Kg/cm<sup>2</sup>.

El esfuerzo que el concreto puede resistir como material compuesto está determinado principalmente, por las características del mortero (mezcla de cemento, arena y agua), de los agregados gruesos y de la interface entre estos dos componentes. Debido a lo anterior, morteros con diferentes calidades y agregados gruesos con diferentes características (forma, textura, mineralogía, resistencia, etc.) pueden producir concretos de distintas resistencias (Cerón et al. 1996)

Por lo expuesto anteriormente se plantea la siguiente pregunta. ¿Cuál es la resistencia a compresión del concreto  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup> cuando el agregado fino es sustituido en 5% y 10% por vidrio molido reciclado frente a un concreto convencional?

El concreto es un material constituido por la mezcla de ciertas proporciones de cemento, agua y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción (Díaz, 2010).

El concreto es un material compuesto formado por partículas de material granular grueso (agregados minerales o rellenos) embebidos en una matriz dura de material (cemento o ligante) que llena los espacios vacíos entre las partículas y burbujas manteniéndolas juntas.

De estas definiciones se puede conceptuar que el concreto es un producto híbrido cuyas características son el resultado de los aportes de las reacciones físico químicas de la interacción de cada componente.

El concreto es la mezcla de cemento Portland, agregado fino, agregado grueso, aire y agua en proporciones adecuadas para obtener ciertas propiedades prefijadas, especialmente la resistencia. El cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados, constituyendo un material heterogéneo. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivos, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto. (Abanto, 2000).

Las características del concreto pueden variar en un grado considerable, mediante el control de sus ingredientes, constituido por la mezcla apropiada de cemento, agregado fino (arena), agregado grueso (piedra chancada) y agua. Por tanto, para una estructura específica, resulta económico utilizar un concreto que tenga las características exactas necesarias, aunque esté débil en otras (Osorio, 2013).

**La trabajabilidad:** Es una propiedad muy importante para muchas aplicaciones del concreto. En esencia, es la facilidad con la cual pueden mezclarse los ingredientes y la mezcla resultante puede manejarse, transportarse y colocarse con poca pérdida de la homogeneidad.

**Durabilidad:** El concreto debe ser capaz de resistir la intemperie, acción de productos químicos y desgastes, a los cuales estará sometido en el servicio.

**Impermeabilidad:** Es una importante propiedad del concreto que puede mejorarse, con frecuencia, reduciendo la cantidad de agua en la mezcla.

**Resistencia:** Es una propiedad del concreto que, casi siempre, es motivo de preocupación. Por lo general se determina por la resistencia final de una probeta en compresión. Como el concreto suele aumentar su resistencia en un periodo largo, la resistencia a la compresión a los 28 días es la medida más común de esta propiedad.

Las principales propiedades del concreto fresco: Trabajabilidad, consistencia, compacidad, segregación, exudación, contracción, peso unitario, contenido de aire.

En el estado endurecido el concreto presenta las siguientes propiedades: Resistencia mecánica, durabilidad, impermeabilidad, estabilidad volumétrica, elasticidad, etc.

### **Resistencia a la compresión:**

Neville (1999). Indica que algunas propiedades del concreto endurecido están relacionadas con esta resistencia, como son: densidad, impermeabilidad, durabilidad, resistencia a la abrasión, resistencia al impacto, resistencia a la tensión, resistencia a los sulfatos. Esto no quiere decir que estas propiedades sean una función simple y única de la resistencia a la compresión, sino que, un concreto de mayor resistencia a la compresión tendrá mejores propiedades

Los principales factores que gobiernan la resistencia del concreto son los siguientes: relación agua/materiales cementantes, condiciones de curado (humedad y temperatura), edad, características y cantidad del material cementante, características y cantidad de los agregados, tiempo de mezclado, grado de compactación y el contenido de aire (Práctica estándar para el curado del concreto, ACI 308).

Cualquier tipo de vacíos llenos de aire reduce la resistencia del concreto en una proporción de 5% de reducción de resistencia por cada 1% de aumento en el volumen de los vacíos llenos de aire (Mather&Ozyildirim, 2004).

Las principales exigencias que se deben cumplir para lograr una dosificación apropiada en estado fresco son las de manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía (Céspedes, 2003).

## **Materiales para elaborar el concreto**

### **Cemento**

#### **Cemento:**

Abanto (2007). Define como cementos a los materiales pulverizados que poseen la propiedad que, por adición de una cantidad conveniente de agua, forman una pasta conglomerante capaz de endurecer tanto bajo el agua como al aire y formar compuestos estables. También podemos decir de manera general que el cemento es cualquier material que posee propiedades cohesivas

El cemento empleado en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos químicos y físicos que se indican: (Rivva, 2004)

Las especificaciones para cementos Portland de la Norma ASTM C 150 o NTP, en el caso de los cementos Tipo I (NTP 334.009), Tipo II (NTP 334.038), Tipo V (NTP334.040)

Las especificaciones para cementos hidráulicos Combinados de la Norma ASTM C 595 en el caso de los cementos IP y Tipo IP (M) (NTP 334.044)

Las especificaciones ASTM y/o NTP correspondientes para otros tipos de Cemento si los hubiera.

### **Componentes químicos:**

Silicato dicálcico, es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.

Silicato Tricálcico, el cual le confiere su resistencia inicial e influye directamente en el calor de hidratación.

Aluminato Tricálcico, el yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina con para controlar el tiempo de fraguado.

Aluminio-Ferrito tetra cálcico, influye en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

Componentes menores: oxido de magnesio, potasio, sodio, manganeso y titanio. (Abanto,2009, pág. 16)

El cemento portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual se obtiene de las materias primas, finalmente molidas y mezcladas calentándose hasta principios de la fusión (1400– 1450 C°) cuando se mezcla con agua, ya sea solo o con combinaciones con arena, piedra u otros materiales similares tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida (Abanto, 2009, pág. 15)

Existen diferentes tipos de cemento que son:

**TIPO I:** Para uso general en la construcción con hormigón en condiciones normales, destinados a usos generales: estructuras, pavimentos, bloques, tubos de hormigón.

**TIPO II:** Adecuado en general para obras hidráulicas por su calor de hidratación moderado y su regular resistencia a los sulfatos.

**TIPO III:** Rápida resistencia alta, recomendable para sustituir al tipo I en obras de emergencia; adquiere una determinada resistencia, en igualdad de condiciones, en la tercera parte del tiempo que necesita para ello el cemento tipo I.

**TIPO IV:** De bajo calor, adecuado para la construcción de grandes espesores (presas) porque su calor de hidratación es muy reducido.

**TIPO V:** De alta resistencia a los sulfatos, recomendable en cimentaciones expuestas a la acción de aguas sulfatadas y agresivas.

#### **Agregados:**

Los agregados constituyen los componentes predominantes del concreto, su selección es importante debiendo consistir en partículas que soporten y resistan las condiciones de la intemperie, además, no deben contener materiales que produzcan efectos perjudiciales. Para el uso eficaz del cemento, es conveniente que la gradación de los agregados sea continua (Céspedes, 2003).

Los agregados o áridos ocupan aproximadamente las tres cuartas partes del volumen del concreto, su uso tiene la finalidad de disminuir costos, brindar resistencia a la aplicación de carga y a la abrasión, además contrarrestar la filtración de humedades y la acción de otros agentes externos.

Los agregados, normalmente obtenidos de cantera o de explotaciones en fuentes hídricas superficiales, son todo material se entiende todo material granular como la arena, la grava, piedra triturada o residuos de hierro de los hornos, que son usados con un medio cementante para formar concretos o morteros (ASTM C125). La proporción de agregados oscila entre setenta a ochenta por ciento de la mezcla que se prepare (Serrano, 2010). La forma, textura y angular entre otras características del material pétreo tienen especial efecto en la resistencia y durabilidad del concreto. (Serrano, 2010).



Los agregados constituyen los componentes predominantes del concreto, su selección es importante debiendo consistir en partículas que soporten y resistan las condiciones de la intemperie, además, no deben contener materiales que produzcan efectos perjudiciales. Para el uso eficaz del cemento, es conveniente que la gradación de los agregados sea continua (Céspedes, 2003).

Son los agregados que provienen de la explotación de fuentes naturales tales como depósitos fluviales (arenas y gravas de ríos) o de glaciales y de canteras de diversas rocas. Se pueden aprovechar en su gradación natural o triturándolos mecánicamente, según sea el caso, de acuerdo con las especificaciones requeridas, dependiendo del tipo de hormigón que se desea fabricar.

### **Clasificación de los agregados:**

Según, (Abanto Castillo, 2009) “Tecnología del concreto”. Los agregados se clasifican básicamente en agregado grueso y agregado fino.

### **Agregado fino:**

Neville (1999), indica que el agregado fino es aquel que pasa el tamiz 3/8” y queda retenido en la malla N° 200, el más usual es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas y cumple con la NTP 400.037. La granulometría del agregado fino empleado en un trabajo determinado debe ser razonablemente uniforme. Las variaciones de más o menos 0.2 en el módulo de fineza pueden ser causa de rechazo. El agregado fino deberá contener suficiente cantidad de material que pasa la malla N° 50 si se desea obtener adecuada trabajabilidad en la mezcla).

Rivva, (2007) afirma que el agregado fino debe tener un módulo de fineza entre 2.3 y 3.1. Ello no excluye la posibilidad de emplear agregados con módulos de fineza mayores o menores si se toman las precauciones adecuadas en la selección de las proporciones de la mezcla. Debe estar compuesto de partículas limpias de perfil angular duras y compactas libre de materia orgánica u otras sustancias dañinas.

El agregado fino es aquel, proveniente de la desintegración natural o artificial de las rocas, que pasa al tamiz 3/8” y que cumple con los límites establecidos en la NTP 400.037. Podrá consistir de arena natural o manufacturada, o una combinación de ambas. Sus partículas serán limpias, de perfil preferentemente angular, duro,

compactas y resistentes. Debe estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas.

### **Agregado Grueso.**

Según Rivva, (2007). En su libro “Tecnología del Concreto”. Diseño de mezclas., el agregado grueso, es aquel que queda retenido en el tamiz N°4 y proviene de la desintegración de las rocas y que cumple con la norma NTP 400.037; puede a su vez clasificarse en piedra chancada y grava.

Se denomina agregado grueso al material retenido en el tamiz N° 4 y cumple los límites establecidos en la NTP 400.037. Puede consistir de grava natural o triturada, piedra partida, o agregados metálicos naturales o artificiales. Debe estar conformado por partículas limpias, estables, libres de escamas, tierra, polvo, limo, humus, incrustaciones superficiales, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, de perfil preferentemente angular o semiangular, duras, compactas, resistentes y de textura preferentemente rugosa (Neville, A., 1999).

La resistencia a la compresión del agregado no será menor de 600 kg/cm<sup>2</sup>. Estará graduado dentro de los límites especificados en la norma NTP 400.037. La granulometría seleccionada no deberá tener más del 5% del agregado retenido en la malla de 1 ½” y no más de 6% del agregado que pasa la malla ¼”.

El tamaño máximo del agregado a tomar será:

1/5 de la menor dimensión entre caras de encofrados ó

1/3 de la altura de las losas ó

¾ del espacio libre mínimo entre varillas individuales de refuerzo.

Para el caso de ser necesario el lavado del material este debe hacerse con agua libre de materia orgánica, sales o sólidos en suspensión.

### **VIDRIO.**

El vidrio es un material de apariencia dura, frágil y generalmente transparente, aunque se comporta como un sólido, es un fluido de muy alta viscosidad. Está compuesto por una mezcla de óxidos metálicos, siendo su componente principal el

óxido de sílice, conocido como Silicio ( $\text{SiO}_4$ ). Si bien a simple vista pareciera ser muy similar a un cristal, la diferencia con éste radica en el ordenamiento que tienen las moléculas que lo componen, donde los enlaces Si –O están distribuidos de manera irregular, sin un patrón determinado, siendo por definición, un material amorfo.

La estructura del silicio cristalino es un tetraedro, compuesto por un átomo de sílice rodeado de cuatro átomos de oxígeno, dispuestos a distancias regulares, conformando una red cristalina con una distribución ordenada.

### **Composición.**

Como ya se mencionó, el componente principal del vidrio es la sílice, obtenida a partir de arena, pedernal o cuarzo.

Desde el punto de vista estructural el vidrio está constituido por:

Óxidos formadores de la red vítrea, vitrificantes, tales como  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$  o  $\text{P}_2\text{O}_5$  para los tipos de productos vítreos más generales o tradicionales.

Óxidos modificadores de la red vítrea, fundentes, que aportan enlaces por los denominados "oxígenos no-puente", tales como óxidos alcalinos:  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , u óxidos alcalinotérreos como  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ .

Óxidos estabilizantes que tienen un carácter intermedio o anfótero, aportando los denominados "oxígenos puente", tales como:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Cortés, 1987).

Si bien el silicio es el principal componente de vidrio, dependiendo de la finalidad de éste, se le añaden distintas proporciones de otros componentes, el anexo B contiene una tabla con la composición de algunos vidrios comúnmente comercializados.

### **Fabricación de vidrio.**

#### **Materias primas.**

Para la fabricación de vidrio se usan como materias primas arena silíceas (arcillas) y una mezcla de óxidos metálicos secos pulverizados o granulados, puesto que las

arcillas son productos geológicos del envejecimiento de la corteza terrestre, es un material muy abundante en la naturaleza.

### **Fabricación.**

El proceso de fabricación propiamente tal, puede resumirse de la siguiente manera. A medida que materias primas son recibidas (principalmente arena), se muelen y almacenan en depósitos en altura, a la espera del momento en que serán transferidas a través de un sistema de alimentación por gravedad a los pesadores y mezcladores. En los mezcladores las materias primas son dosificadas y combinadas con vidrio reciclado para formar una mezcla homogénea, la cual es trasladada por medio de cintas transportadoras a un sistema de almacenamiento de cargas donde es contenida antes de ser depositada en el alimentador del horno de fundición. Al entrar la carga al horno a través de los alimentadores, ésta flota en la superficie de la masa de vidrio fundida. Una vez que se funde, pasa al frente del baño y eventualmente fluye a través de la 30 garganta de carga al refinador, donde es acondicionada térmicamente para descargar al proceso de formado. En la figura puede verse un esquema del proceso básico, dicho gráfico es una representación simplificada del proceso, además los materiales base mostrados no necesariamente son los utilizados para elaborar todo el vidrio que se comercializa, distintos tipos de vidrio son elaborados con fines específicos.

### **Propiedades físicas del vidrio.**

Dependiendo de la composición, algunos vidrios funden a temperaturas muy bajas, como 500°C, mientras que otros necesitan 1650°C, aunque por lo general, al presentar un elevado contenido de sílice, la temperatura final de fusión es más cercana a este último valor. En cuanto a resistencia mecánica, presenta normalmente una resistencia a la tracción entre 3.000 y 5.500N/cm<sup>2</sup>, aunque puede llegar a sobrepasar los 70.000 N/cm<sup>2</sup> si el vidrio ha recibido un tratamiento especial. El vidrio es un mal conductor de calor y electricidad, por lo que resulta práctico para el aislamiento térmico y eléctrico.

### **Color.**

El color natural de vidrio es un tono verdoso, al que se le agregan decolorantes para hacerlo traslúcido, y colorantes para conferirle distintas tonalidades. Los

envases de vidrio de colores sirven para proteger el contenido de la luz, por lo que sus principales usos se dan en la industria de alimentos (aunque últimamente su uso es limitado a contenidos líquidos, como licores, aceites, etc.), y farmacológica.

### **Tipos de vidrio.**

Entre los tipos de vidrio más comunes podemos separarlos entre vidrios comerciales, los cuales son producidos a gran escala, y vidrios especiales, menos masivos pero elaborados con fines específicos.

### **Vidrio sodocálcico.**

Es el tipo de vidrio más utilizado para fabricar todo tipo de contenedores (botellas, cristalerías de mesa, ampollitas, vidrios para ventanas y vidrios laminados), los recipientes hechos a partir de vidrio sodocálcico son prácticamente inertes, de modo que no contaminan el contenido del mismo. Son poco resistentes al choque térmico.

### **Vidrio al plomo.**

Es el resultado de fórmulas que combinan óxidos de potasio con óxido de plomo, y es también conocido como cristal al plomo. El vidrio al plomo es pesado y tiene un alto índice de refracción, por lo que es útil para proteger al personal en instalaciones nucleares.

### **Vidrio de borosilicato**

Este vidrio contiene óxido bórico entre sus ingredientes fundamentales, junto con sílice y álcali. Destaca por su durabilidad, resistencia a los ataques químicos y choques térmicos, por lo que se utiliza en muchos utensilios de cocina, aparatos de laboratorio y equipos para procesos químicos. Existen otros tipos de vidrio menos masivos, como la sílice vítrea, que en su composición es casi completamente sílice, o el vidrio de aluminosilicatos, entre otros.

### **Reciclaje y reutilización de vidrio.**

La reutilización, frente al reciclaje, desde un punto de vista ambiental, tiene más ventajas, debido al ahorro de energía que supone utilizar más veces un mismo envase para luego reciclarlo, que darle un solo uso.

Los envases de vidrio se pueden reutilizar, siguiendo un circuito distinto al de los envases de un solo uso. Hay dos tipos de envases de vidrios: los retornables y los no retornables, ambos complementarios.

Los dos pueden ser reciclados indefinidamente para conseguir nuevos envases con las mismas características al original. Un envase retornable se devuelve al envasador, el cual lo higieniza y lo rellena de nuevo. Este ciclo puede repetirse hasta 20 ó 30 veces, en función del contenido y de la resistencia del vidrio. En el proceso de fabricación del vidrio se utiliza más cantidad de material del necesario, para dotarles de mayor resistencia y poder hacer más rotaciones, antes de que finalice su ciclo de vida y puedan ser reciclados. Si el envase no es retornable no puede seguir este proceso; no obstante, puede ser reciclado, volviendo al fabricante que lo utilizará como materia prima para elaborar uno nuevo.

El vidrio es un material totalmente reciclable y no hay límite en la cantidad de veces que puede ser reprocesado. Al reciclarlo no se pierden las propiedades del material y se ahorra una cantidad de energía de alrededor del 30% con respecto al proceso de fabricación de vidrio nuevo.

### **Ventajas del reciclado del vidrio.**

La fusión de los materiales se consigue a temperaturas más bajas, lo que se traduce en un ahorro de energía con respecto a la fabricación de vidrio nuevo. Se ahorran alrededor de 1200kg de materias primas por cada tonelada de vidrio usado.

Ahorro de energía al no tener que extraer materias primas.

Reducción de la erosión producida al extraer las materias primas necesarias para su fabricación.

Disminuye el número de residuos urbanos que van a vertedero y por tanto costos asociados de recolección, disposición y tratamiento.

### **Agua.**

Desde el punto de vista de tecnología del concreto, el agua se puede definir como el componente del concreto que le permite al cemento, experimentar reacciones

químicas que le dan la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados.

El curado es de extrema importancia en la producción de concretos. Para producir una pasta con el contenido de sólidos tan alto como sea posible, el concreto deberá contener el mínimo contenido de agua.

Agua de mezclado. Es la cantidad de agua por volumen unitario de concreto que requiere el cemento, contenido en ese volumen unitario, para producir una pasta suficientemente hidratada, con una fluidez tal que le permita una lubricación adecuada de los agregados cuando la mezcla se encuentre en estado plástica (agua de diseño de mezcla), en otras palabras es la cantidad de agua necesaria para que los elementos del cemento se hidraten eficientemente.

La hipótesis planteada es que al sustituir en 5% y 10% de agregado fino por vidrio molido reciclado se obtendría un concreto con una resistencia a la compresión mayor a  $f'c=210\text{kg/cm}^2$

Como objetivo general se busca determinar la resistencia a la compresión del concreto de  $f'c=210\text{ kg/cm}^2$  con sustitución del agregado fino en 5% y 10% por vidrio molido reciclado.

Los objetivos específicos son los siguientes:

Identificar la composición de óxidos del vidrio molido a través de la fluorescencia de rayos- X dispersiva en energía (FRXDE).

Determinar el pH del vidrio molido, del agregado fino, de la sustitución del agregado fino más 5% vidrio molido y de la sustitución del agregado fino más 10% vidrio molido.

Determinar la relación A/C para el concreto patrón y los concretos experimentales con la sustitución del agregado fino en un 5% y 10% por vidrio molido.

Evaluar la resistencia a la compresión del concreto con la sustitución del agregado fino en un 5% y 10% por vidrio molido a los 07, 14 y 28 días de curado y comparar sus resultados.

Determinar el grado de relación y varianza de las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales con la sustitución del agregado fino en un 5% y 10% por vidrio molido.

## II). METODOLOGÍA

La presente investigación es aplicada, explicativa y de enfoque cuantitativo, en la cual se aplicaron las nuevas tecnologías halladas en el diseño de mezcla que cumplieron con los estándares de calidad y normatividad. Ya que esto permitió utilizar vidrio reciclado para fabricar probetas de concretos que cumplieron con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana y las normas ASTM.



















**Diseño de investigación:** El diseño de la investigación fue experimental, debido a que se manipulo el contenido del agregado fino sustituyéndolo por vidrio reciclado para evaluar su efecto en la resistencia a la compresión del concreto. Para ello se tuvo un diseño en bloque completo al azar donde el gradiente de variabilidad está dado por los días de curado y los porcentajes de sustitución del agregado fino por vidrio reciclado.

### Diseño de bloque completo al azar








Vidrio reciclado.

**Tabla N° 01**

*Esquema del diseño experimental.*

DÍAS DE CURADO	Resistencia a la compresión del concreto con la sustitución del vidrio molido		
	Sin Sustitución 0%	Con Sustitución 5%	Con Sustitución 10%
7	 P1	 P1	 P1
	 P2	 P2	 P2
	 P3	 P3	 P3
14	 P1	 P1	 P1
	 P2	 P2	 P2
	 P3	 P3	 P3



	P3	P3	P3
28	 P1	P1	 P1
	 P2	P2	 P2
	 P3	 P3	 P3

Fuente: Elaboración propia.

### **Población y muestra:**

**Población:** Para esta investigación se tiene como población de estudio al conjunto de probetas con un diseño de concreto según el estándar de construcción establecido  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

Para lo cual, se tuvo como materiales a los agregados grueso y fino, cemento, vidrio entre otros.

### **Muestra**

La muestra estará constituida por 27 probetas de concreto con un diseño de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ . 9 probetas para 0% de vidrio, 9 probetas para 5% de vidrio y 9 probetas para 10% de vidrio.

**TABLA N° 02**

*Técnicas e instrumentos*

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Observación	Guía de observación resumen. Fichas técnicas del laboratorio de los ensayos a realizar.

Fuente: Elaboración propia

Elaboración de guía de observación, para la toma de los datos recolectados en el laboratorio. Las guías fueron tomadas con respecto a los siguientes ensayos:

Ensayo Granulométrico para el agregado fino y agregado grueso

Ensayo de peso específico del agregado fino

Ensayo de peso específico del agregado grueso

Ensayo de peso unitario del agregado fino

Ensayo de peso unitario del agregado grueso

Contenido de humedad de los agregados

Diseño de mezcla

Elaboración de probetas

Ruptura de probetas

### **Procesamiento y análisis de la información.**

### **Ensayos de los agregados en laboratorio para determinar las propiedades mecánicas.**

#### **1) Ensayo de granulometría (Norma Técnica Peruana 400.012)**

Se toma una muestra del agregado y es separada a través de una serie de tamices que van progresivamente de una abertura mayor a una menor, para determinar la distribución del tamaño de las partículas.

##### **✓ Para agregado fino (Arena)**

- Secar la muestra por 24 horas a una temperatura constante de  $110^{\circ} \pm 5C^{\circ}$
- Se pesa la arena ya retirada del horno.
- Se seleccionó los tamices para realizar el ensayo que son: 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50 y N°100. Se puso la muestra y se agito los tamices hasta lograr la distribución de las partículas.
- Se destapo los tamices con las retenciones de las partículas y se pesó cada una de ellas y se determinó el peso retenido en casa tamiz.
- Se realizó los cálculos de: % Retenido parcial, % Retenido acumulado y % que pasa, para luego calcular el Modulo de Finesa que es:

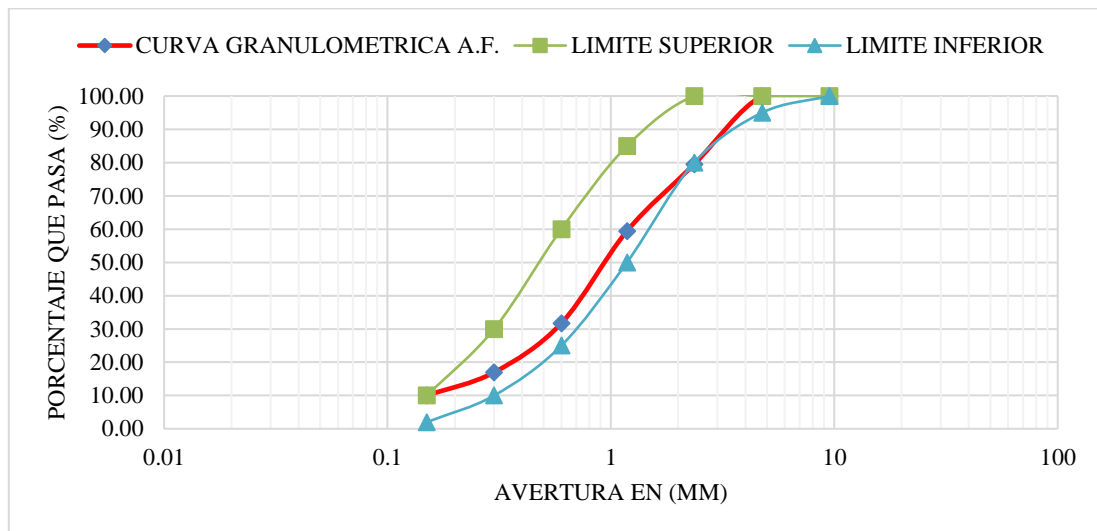
$$M.F. = \frac{\sum \% \text{RETENIDO PARCIAL}}{100}$$

**Tabla N° 03**

*Granulometría del Agregado fino*

Tamiz		Peso Reten. (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N° Tamiz	ABERT. (mm)				
3/8"	9.5	0.00	0.00	0.00	100.00
4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
8	2.36	307.00	20.50	20.50	79.50
16	1.18	300.50	20.07	40.57	59.43
30	0.6	415.00	27.71	68.28	31.72
50	0.3	221.00	14.76	83.04	16.96
100	0.15	104.00	6.94	89.98	10.02
<b>FONDO</b>	0	150.00	10.02	100.00	0.00
<b>Módulo de Fineza</b>			<b>3.02</b>		

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 01**

*Curva Granulométrica del agregado fino*

✓ **Para agregado grueso (Piedra chancada)**

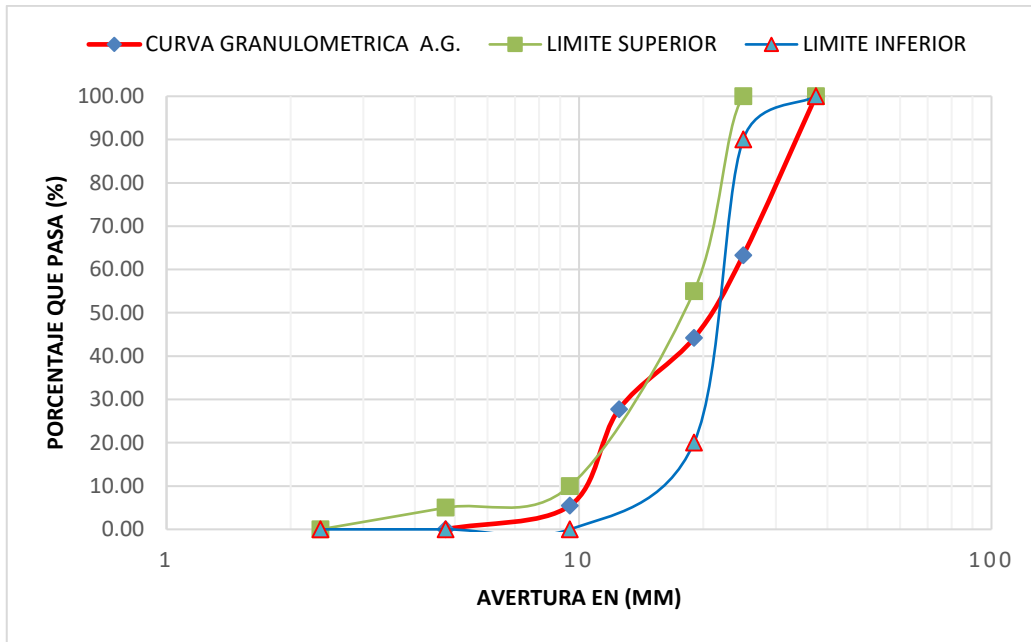
- Secar la muestra por 24 horas a una temperatura constante de  $110^{\circ} \pm 5C^{\circ}$
- Se pesa la piedra chancada ya retirada del horno.
- Se seleccionó los tamices para realizar el ensayo que son: 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4" y N°4. Se puso la muestra y se agito los tamices hasta lograr la distribución.
- Se destapo los tamices con las retenciones de las gravas y se pesó cada una de ellas.
- Se determinó el tamaño nominal máximo (T.N.M.), identificando el primer retenido.

**Tabla N° 04**

*Granulometría del Agregado grueso*

Tamiz		Peso Reten. (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
N° Tamiz	ABERT. (mm)				
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	63	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.5	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19	3376.50	36.75	36.75	63.25
1/2"	12.5	1753.00	19.08	55.83	44.17
3/8"	9.5	1513.00	16.47	72.29	27.71
N° 4	4.75	2044.00	22.25	94.54	5.46
N° 8	2.26	502.00	5.46	100.00	0.00

Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 02**

*Curva Granulométrica del agregado grueso*

## 2) Contenido de humedad (Norma Técnica Peruana 339.185)

Determinar la cantidad de agua existente en cada uno de los agregados a emplear en la mezcla y que podría afectar al diseño de mezcla.

- Se pesaron dos recipientes en una balanza eléctrica para que proporcione datos precisos.
- Se colocan las muestras en los recipientes, se pesan y se registran.
- Se colocan los recipientes con muestra al horno a  $110^{\circ} \pm 5C^{\circ}$  por un lapso de 24 horas.
- Después de transcurrido las 24 horas se retira cada muestra seca del horno y se deja enfriar a temperatura ambiente.
- Se pesan las muestras con recipientes y se registran.

- Se procede al cálculo de cada una de las muestras, el peso del suelo seco, del agua y obtener el porcentaje de humedad de cada muestra y el promedio que representa.

$$W\% = \frac{PESODELAGUA}{PESOSECO} \times 100 = \frac{Wh - Ws}{Ws} \times 100$$

Donde:

W% = Contenido de humedad del suelo.

Wh = Peso de la muestra húmedo.

Ws = Peso de la muestra seco.

**Tabla N° 05**

*Contenido de humedad del agregado fino*

Recipiente	32	3
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	1154	1181
Peso del Recipiente + Suelo Seco	1081.0	1108.5
Peso del Recipiente	171	169
Peso del Agua	73.0	72.5
Peso del Suelo Seco	910	939.5
Humedad	8.022	7.717
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>		<b>7.87</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 06***Contenido de humedad del agregado grueso*

Recipiente	43	42
Peso del Recipiente + Suelo Húmedo	1285	1411
Peso del Recipiente + Suelo Seco	1265	1390.5
Peso del Recipiente	166.6	163.8
Peso del Agua	20	20.5
Peso del Suelo Seco	1098.4	1226.7
Humedad	1.82	1.67
<b>HUMEDAD PROMEDIO</b>	<b>1.75</b>	

Fuente: Elaboración propia

**3) Pesos Unitarios (Norma Técnica Peruana 400.017)**

Determinar el peso unitario seco suelto y compactado para poder desarrollar un diseño de mezcla adecuado.

- Se tomó 6 muestras, 3 para peso unitario suelto y 3 para peso unitario compactado, tanto par agregado fino y grueso.
- El procedimiento para la determinación de peso unitario suelto se usará sólo cuando sea indicado específicamente. De otro modo, el peso unitario compactado será determinado por el procedimiento de apisonado para agregados que tengan un tamaño máximo nominal de 37,5 mm (1 ½ pulg) o menos; o por el procedimiento de percusión para agregados con tamaño máximo nominal entre 37,5 mm y 150 mm (1 ½ pulg a 6 pulg).
- Se llena la tercera parte del recipiente de medida y se nivela la superficie con la mano. Se apisona la capa de agregado con la barra compactadora, mediante 25 golpes distribuidos uniformemente sobre

la superficie. Se llena hasta las dos terceras partes de la medida y de nuevo se compacta con 25 golpes como antes. Finalmente, se llena la medida hasta rebosar, golpeándola 25 veces con la barra compactadora; el agregado sobrante se elimina utilizando la barra compactadora como regla.

- Calcular el peso unitario compactado o suelto, como sigue:

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

M = Peso Unitario del agregado.

G = Peso del agregado más molde.

T = Peso del molde.

V = Volumen del molde

**Tabla N° 07**

*Peso unitario del agregado fino*

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Varillado			
	Muestra N°	1	2	3	1	2	3
Peso Material + Molde		7.22	7.24	7.24	7.72	7.72	7.74
Peso del Molde		3.42	3.42	3.42	3.42	3.42	3.42
Peso del Material		3.80	3.82	3.82	4.30	4.30	4.32
Volumen del molde		2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78
Peso Unitario		1.37	1.37	1.38	1.55	1.55	1.55
<b>Promedio</b>		<b>1.373</b>			<b>1.550</b>		

Fuente: Elaboración propia



**Tabla N° 08***Peso unitario del agregado grueso*

TIPO DE PESO UNITARIO	Peso Unitario Suelto			Peso Unitario Varillado		
Muestra N°	1	2	3	1	2	3
Peso Material + Molde	27.4	27.4	27.4	28.9	28.9	28.9
Peso del Molde	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
Peso del Material	20.0	20.0	20.0	21.5	21.5	21.5
Volumen del molde	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7	13.7
Peso Unitario	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6
<b>Promedio</b>	<b>1.458</b>			<b>1.567</b>		

Fuente: Elaboración propia

#### 4) **Peso específico y porcentaje de absorción (Norma Técnica Peruana 339.022. y 339.021)**

Determinar el peso específico y % de absorción tanto del agregado grueso como del agregado fino de acuerdo a las normas técnicas peruanas nombradas.

##### ✓ **Para agregado fino (Arena)**

- Se toma una muestra representativa de agregado fino la cual se sumerge durante 24 horas. Al día siguiente se expande la muestra sobre la superficie de un recipiente o bandeja la cual no es absorbente. Con el secador se le inyecta una corriente de aire hasta conseguir un secado uniforme, la operación es terminada cuando los granos del agregado están sueltos. Luego se introduce la muestra en un molde cónico, se apisona unas 25 veces dejando caer el pisón desde una altura aproximada de 1 cm, posteriormente se nivela y si al quitar el molde la muestra se deja caer es porque no existe humedad libre, si es lo contrario se sigue secando y se repite

el proceso hasta que cumpla con la condición. Cuando se cae el agregado al quitar el molde cónico es porque se ha alcanzado una condición saturada con superficie seca.

- Se procede a tomar una muestra del agregado para envasarla en el picnómetro llenándolo con agua a 20°C hasta más o menos 250 cms<sup>3</sup>, luego se hace girar el picnómetro para eliminar todas las burbujas de aire posibles. Se procede a cuantificar el peso del picnómetro en la balanza anotando su respectivo valor.
- Al término de este paso, se embaza la muestra en tazas para ser dejadas en el horno por espacio de 24 horas. Y por último, al día siguiente se llevaron las muestras a la balanza y su cuantifico su valor. Se tomaron apuntes.

**Tabla N° 09**

*Gravedad específica y absorción del agregado fino*

<b>Identificación</b>		<b>g</b>
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	300.00
B	Peso del Agua + Frasco	679.00
C	Peso Frasco + Agua	979.00
D	Peso del Mat. + Agua en el frasco	865.20
E	Vol. De Masa + Vol. De Vacío	113.80
F	Peso del Mat. Seco en Estufa (105°C)	296.60
G	Vol. De Masa	110.40
	Pe Bulk (Base Seca)	2.606
	Pe Bulk (Base Saturada)	2.636
	Pe Aparente (Base Seca)	<b>2.687</b>
	% de Absorción	<b>1.146</b>

Fuente: Elaboración propia

✓ **Para agregado grueso (Piedra chancada)**

- Se escogió una muestra representativa del agregado, la cual se redujo desechando el material que pasara por el tamiz # 4, luego se procedió a lavarla y sumergirla en el balde durante 24 horas.
- Al día siguiente, se tomó la muestra secándola parcialmente con una toalla hasta eliminar películas visibles de agua en la superficie. Se tuvo en cuenta que las partículas más grandes se secaron por separado. Cuando las partículas tienen un color mate es porque ya está en la condición saturada y superficialmente seca.
- Con la balanza debidamente calibrada se pesa la muestra para averiguar su masa en esta condición. Luego se introdujo en la canastilla y se sumergió, y se cuantifico la masa sumergida en agua a una temperatura ambiente. Luego fue llevada al horno a una temperatura de 110°C durante 24 horas, al día siguiente se cuantifico su peso y se tomaron apuntes.

**Tabla N° 10**

*Gravedad específica y absorción del agregado grueso*

<b>Identificación</b>	<b>3</b>	<b>32</b>	<b>22</b>
A Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en agua)	1004.00	1046.00	1069.50
B Peso Mat. Sat. Sup. Seca (en aire)	631.00	660.00	680.00
C Vol. De Masas / Volumen de Vacíos	373.00	386.00	389.50
D Peso Mat. Seco en estufa (105°C)	996.00	1038.50	1060.00
E Vol. De Masas	365.00	378.50	380.00
Pe Bulk (Base Seca)	2.670	2.690	2.721
Pe Bulk (Base Saturada)	2.692	2.710	2.746
Pe Aparente (Base Seca)	2.729	2.744	2.789
% de Absorción	0.803	0.722	0.896
% de Absorción Promedio		<b>0.81</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Para esta investigación se utilizó cemento Sol Tipo 1.**

De acuerdo a la ficha técnica de Cementos Sol Tipo 1, su peso específico es 3.11 gr/cm<sup>3</sup>.

**Diseño de mezcla para un concreto de  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>.**

**a) Diseño de mezcla para 1 m<sup>3</sup> de concreto.**

Obtenidos los datos de ensayo de agregados, se procesó con la ayuda del programa Excel, con **diseñador de mezcla para concreto (Método ACI)**, elaborado por el estudiante Goyo Álvarez Álvarez de la facultad de Ingeniería Civil - Universidad Andina del Cusco – 2010

**Tabla N° 11**

*Diseño final para 01 m<sup>3</sup> de concreto*

ELEMENTO	PESO (KG)
AGUA	134.824
CEMENTO	301.47
AIRE	-
AGREGADO GRUESO	946.355
AGREGADO FINO	985.855
<b>TOTAL</b>	<b>2368.50</b>

Fuente: Elaboración propia

**b) Dosificación en peso para un concreto patrón.**

Para obtener una dosificación en peso que proporcione los factores de cada material con los que se puede obtener los pesos respectivos para cualquier volumen, con el siguiente factor.

**Tabla N° 12***Dosificación en peso*

CEMENTO	A°F°	A°G°	AGUA
<b>1</b>	<b>3.270</b>	<b>3.139</b>	<b>0.45</b>

Fuente: Elaboración propia

Estos valores permiten obtener rápidamente una dosificación al peso para cualquier volumen de concreto a preparar.

- c) **Dosificación en peso para un concreto, con agregado fino sustituido en 5% de vidrio molido reciclado.**

**Tabla N° 13***Diseño para 01 m3 de concreto con 5% de vidrio*

ELEMENTO	PESO (KG)
AGUA	131.75
CEMENTO	301.47
AGREGADO GRUESO	946.35
AGREGADO FINO	983.39
VIDRIO MOLIDO	51.76
<b>TOTAL</b>	<b>2414.72</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 14***Dosificación en peso con 5% de vidrio*

CEMENTO	A°F°	A°G°	VIDRIO	AGUA
<b>1</b>	<b>3.26</b>	<b>3.14</b>	<b>0.17</b>	<b>0.44</b>

Fuente: Elaboración propia

- d) **Dosificación en peso para un concreto, con agregado fino sustituido en 10% de vidrio molido reciclado.**

**Tabla N° 15**

*Diseño para 01 m<sup>3</sup> de concreto con 10% de vidrio*

ELEMENTO	PESO (KG)
AGUA	125.300
CEMENTO	301.47
AGREGADO GRUESO	946.355
AGREGADO FINO	1024.80
VIDRIO MOLIDO	113.87
<b>TOTAL</b>	<b>2511.79</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 16**

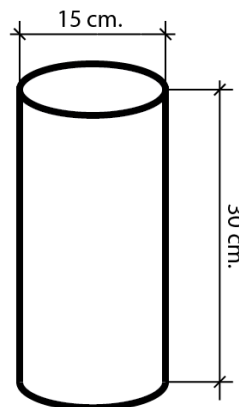
*Dosificación en peso con 10% de vidrio*

CEMENTO	A°F°	A°G°	VIDRIO	AGUA
<b>1</b>	<b>3.40</b>	<b>3.14</b>	<b>0.38</b>	<b>0.42</b>

Fuente: Elaboración propia

- e) **Calcular volumen de una probeta cilíndrica.**
- f) Se toman las medidas de cada cilindro para elaboración de probetas de hormigón, tanto de su altura como diámetro.

MEDIDA DE LA PROBETA



Datos:

$\emptyset$  = Diámetro del cilindro = 0.15 cm.

h = Altura del cilindro = 0.30 cm.

n° = Número de cilindros = 9.00 Un.

Volumen para 1 cilindros:

$$V = \frac{\pi \times \phi^2}{4} \times h = \frac{\pi \times 0.15^2}{4} \times 0.30 = 5.30 \times 10^{-3} M^3$$

Volumen para 1 cilindros = 5.30E-03 M3

g) **Determinar cantidad de elementos para una probeta de patrón, 5% y 10% de vidrio.**

**Tabla N° 17**

*Materiales para una probeta de concreto patrón*

ELEMENTO	PESO (KG)
AGUA	0.79
CEMENTO	1.76
AGREGADO GRUESO	5.52
AGREGADO FINO	5.75
<b>TOTAL</b>	<b>13.81</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 18**

*Materiales para una probeta de concreto con 5% de vidrio*

ELEMENTO	PESO (KG)
AGUA	0.77
CEMENTO	1.76
AGREGADO GRUESO	5.52
AGREGADO FINO	5.73
VIDRIO MOLIDO	0.30
<b>TOTAL</b>	<b>14.08</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 19**

*Materiales para una probeta de concreto con 10% de vidrio*

ELEMENTO	PESO (KG)
AGUA	0.73

CEMENTO	1.76
AGREGADO GRUESO	5.52
AGREGADO FINO	5.98
VIDRIO MOLIDO	0.66
<b>TOTAL</b>	<b>14.65</b>

Fuente: Elaboración propia

### **Elaboración de probetas cilíndricas de concreto.**

Con la dosificación calculada tenemos la cantidad de material a emplear para cada grupo de probetas, tanto para el patrón como para los especímenes con agregado fino sustituidos en 5% y 10% por vidrio molido reciclado, terminada los diseños procedemos a elaborar las muestras.

### **Materiales y Equipo a usarse en la elaboración y ensayo del concreto.**

#### **Materiales:**

- **Cemento.** - Se emplea cemento Sol Portland Tipo I, cuyo peso específico es igual a 3110 kg/m<sup>3</sup>.
- **Agua.** - El agua potable será la empleada en el amasado y curado.
- **Agregado fino.** - Arena proveniente de la Cantera Taclán – Huaraz - Ancash, con peso específico de 2525 kg/m<sup>3</sup>.
- **Agregado grueso.** -Agregado grueso originado mediante triturado en la Cantera Taclán - Huaraz - Ancash, con peso específico de 2725 kg/m<sup>3</sup>.
- **Vidrio molido.** - Reciclado de botellas y desperdicios de las vidrieras de Huaraz - Ancash, triturado artesanalmente (chancado manual).

#### **Equipos:**

- Mezcladora de trompo para la mezcla del concreto.

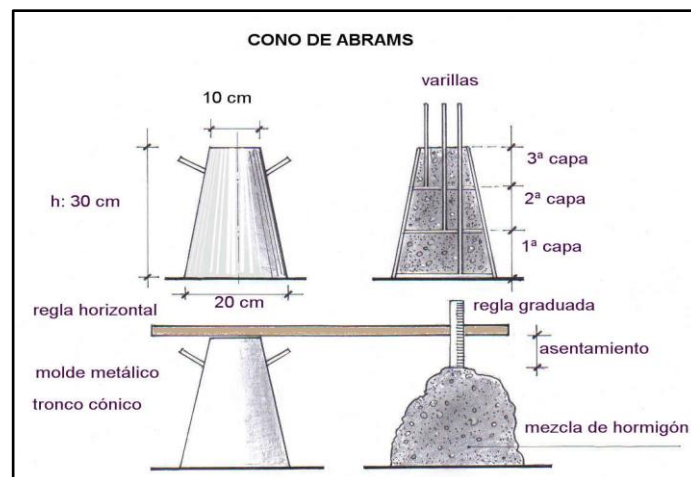


- Pala y carretilla para facilitar la mezcla y adición de materiales.
- Recipientes para pesar los distintos materiales y transportarlos.
- Balanza electrónica de precisión.
- Cono de Abrams para la medición de la Consistencia, varilla de punta redonda y flexómetro.
- Moldes cilíndricos con altura de 30cm y diámetro de 15cm, varilla compactadora de punta redonda y mazo de goma para la confección de las probetas de hormigón.

### Preparación del Concreto.

La preparación del concreto comienza al arrancar la mezcladora de trompo y administrándole las cantidades correspondientes de agregados, agua, cemento y vidrio previamente pesadas acorde a la dosificación calculada, después de un tiempo acorde al establecido y viendo la homogeneidad a la mezcla de materiales que conforman en concreto en estado fresco se vierte a una carretilla.

Antes del llenado de los cilindros se determina la docilidad del concreto para deformarse o adaptarse a ciertas formas, empleando el Cono de Abrams se mide el asentamiento producido en la mezcla.



Fuente: [http://www.construmatica.com/construpedia/Cono\\_de\\_Abrams](http://www.construmatica.com/construpedia/Cono_de_Abrams)

**Figura N° 03**  
*Cono de abrams*

### **Llenado de las probetas cilíndricas de concreto.**

Según la Norma ASTM C-31, describe el llenado de los moldes, los cilindros deben ser previamente limpiados y engrasados, estos se llenan en tres capas que son compactadas con 25 golpes en espiral con una varilla lisa de punta redonda de diámetro 16mm, consecuentemente en cada capa se da de 10 a 15 golpes con un martillo de goma alrededor del molde con el objeto de eliminar el aire acumulad

### **III). RESULTADOS**

**Tabla N° 20**

*Composición elemental de la muestra de vidrio molido*

Oxido	% masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.150	5.371
SiO <sub>2</sub>	81.505	84.997
SO <sub>2</sub>	0.307	0.320
ClO <sub>2</sub>	0.139	0.145
K <sub>2</sub> O	0.369	0.395
CaO	7.963	8.304
TiO <sub>2</sub>	0.074	0.077
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.008	0.009
MnO	0.016	0.017
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.242	0.252
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.002	0.003
CuO	0.003	0.003
ZnO	0.012	0.012
ZrO <sub>2</sub>	0.021	0.022
CeO <sub>2</sub>	0.027	0.028
PbO	0.046	0.048
<b>Total</b>	<b>95.89</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Informe N° 14-LAQ/2018 – UNMSM

En cuanto a la composición de óxidos del vidrio reciclado, se realizó en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en la cual se observa que su componente mayoritario es el óxido de silicio que representa al 84.997% de su composición, seguido del óxido de calcio con un 8.304% y el trióxido de aluminio con un 5.37.1% entre sus principales componentes.

**Tabla N° 21**

*pH de agregado fino, vidrio molido, agregado fino - vidrio molido 5% y agregado fino - vidrio molido 10%.*

Muestra	pH
Agregado fino	8.8
Vidrio molido	10.3
Agregado fino - vidrio molido 5%	9.0
Agregado fino - vidrio molido 10%.	9.2

Fuente: Informe N° 14-LAQ/2018 – UNMSM

El análisis del pH se realizó en el laboratorio de análisis de suelos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, teniendo como resultado que el agregado fino es un material alcalino, el vidrio molido es fuertemente alcalina; mientras que el agregado fino sustituido por 5 y 10% de vidrio molido reciclado es alcalina.

**Tabla N° 22**

*Cantidad de materiales y relación A/C para el concreto patrón y experimentales*

Concreto		Cemento	Vidrio	Agregado Fino	Agregado Grueso	Agua	A/C
Patrón		1.758		5.749	5.519	0.786	0.447
Experimental con la	5%	1.758	0.302	5.735	5.519	0.768	0.437
sustitución del Agregado fino	10%	1.758	0.664	5.976	5.519	0.731	0.416

Fuente: Elaboración propia

La relación A/C para el concreto patrón es de 0.447, mientras que para el concreto experimental con la sustitución del agregado fino por vidrio reciclado en un 5% la

relación A/C es de 0.437 y para el concreto experimental con la sustitución del agregado fino por vidrio reciclado en un 10% la relación A/C es de 0.416; estos valores varían debido al peso específico del vidrio reciclado que afecta a la cantidad de agua, cuya variación es en cantidades mínimas, en cuanto a la diferencia con la relación A/C de diseño, se debe principalmente al contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados.

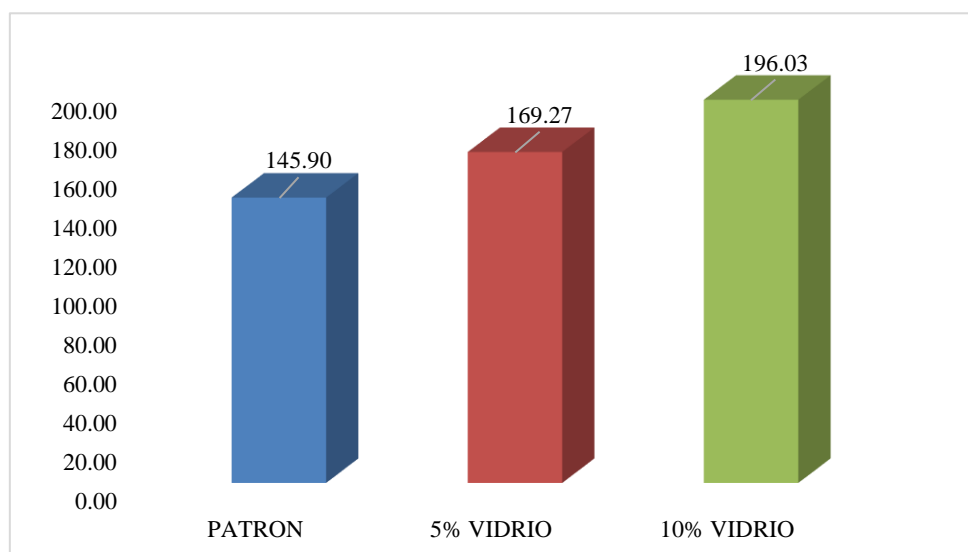
**Tabla N° 23**

*Resistencia a la compresión a los 07 días*

N°	SUSTIT. % VIDRIO	MOLDEO	ROPTURA	GARGA (KG-F)	COMPRESI ÓN (KG/CM2)	F <sub>c</sub> (KG/CM2)	% DE RESIST.
1				25730.00	145.60		
2	0%	29/01/2018	05/02/2018	22750.00	128.70	<b>145.90</b>	69.48%
3				28880.00	163.40		
4				28658.00	162.20		
5	5%	09/02/2018	16/02/2018	28860.00	163.30	<b>169.27</b>	80.60%
6				32220.00	182.30		
7				32587.00	184.40		
8	10%	09/02/2018	16/02/2018	35647.00	201.70	<b>196.03</b>	93.35%
9				35687.00	202.00		

Fuente: Elaboración propia

En la presentetabla se observanque las resistencias a la compresión del concreto son menores que las resistencias de los concretos experimentales a los 07 días.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 04**

*Resistencia a la compresión de los concretos a los 07 días*

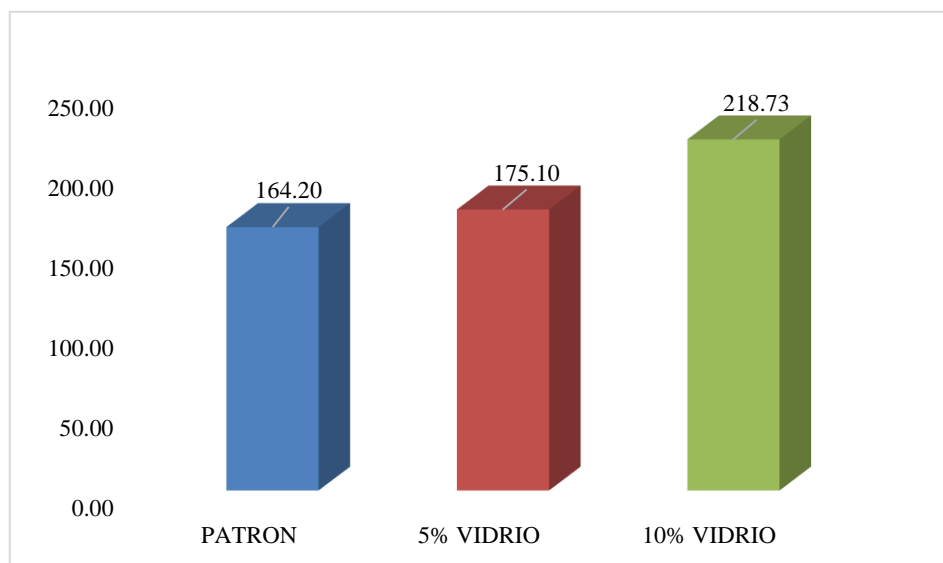
**Tabla N° 24**

*Resistencia a la compresión a los 14 días*

N°	SUSTIT. % VIDRIO	MOLDEO	ROPTURA	GARGA (KG-F)	COMPRESIÓN (KG/CM2)	F'c (KG/CM2)	% DE RESIST.
1				28577.00	161.70		
2	0%	29/01/2018	12/02/2018	30610.00	173.20	<b>164.20</b>	78.19%
3				27870.00	157.70		
4				30760.00	174.10		
5	5%	09/02/2018	23/02/2018	31740.00	179.60	<b>175.10</b>	83.38%
6				30330.00	171.60		
7				31890.00	180.50		
8	10%	09/02/2018	23/02/2018	34440.00	194.90	<b>218.73</b>	104.16%
9				49620.00	280.80		

Fuente: Elaboración propia

En la presente tabla se observan que las resistencias a la compresión del concreto son menores que las resistencias de los concretos experimentales a los 14 días.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 05**

*Resistencia a la compresión de los concretos a los 14 días*

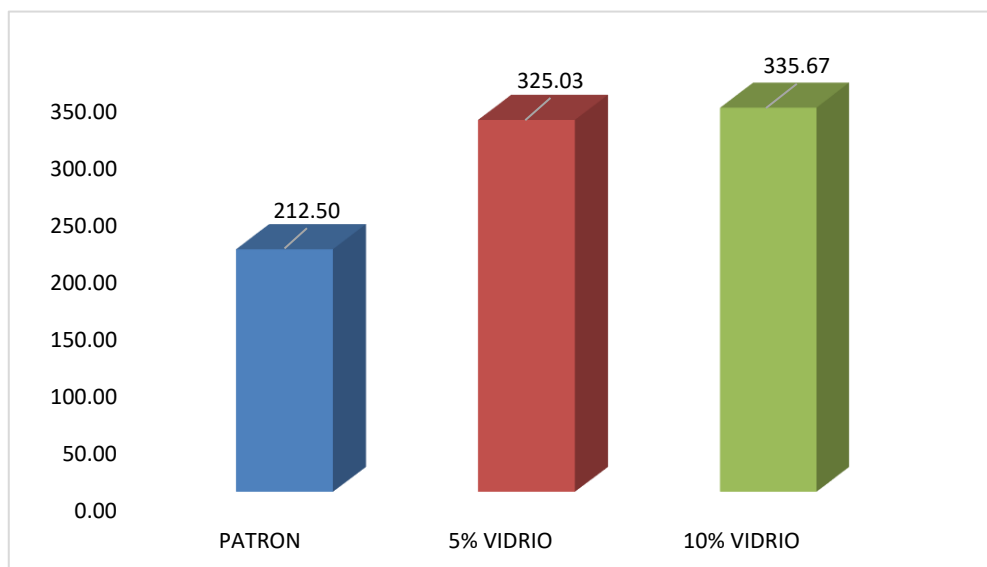
**Tabla N° 25**

*Resistencia a la compresión a los 28 días*

N°	SUSTIT. % VIDRIO	MOLDEO	ROPTURA	GARGA (KG-F)	COMPRESIÓN (KG/CM2)	F'c (KG/CM2)	% DE RESIST.
1				41259.00	233.50		
2	0%	29/01/2018	26/02/2018	32140.00	181.90	<b>212.50</b>	101.19%
3				39254.00	222.10		
4				65440.00	370.30		
5	5%	29/01/2018	22/02/2018	53790.00	304.40	<b>325.03</b>	154.78%
6				53090.00	300.40		
7				65300.00	369.50		
8	10%	29/01/2018	26/02/2018	57930.00	327.80	<b>335.67</b>	159.84%
9				54720.00	309.70		

Fuente: Elaboración propia

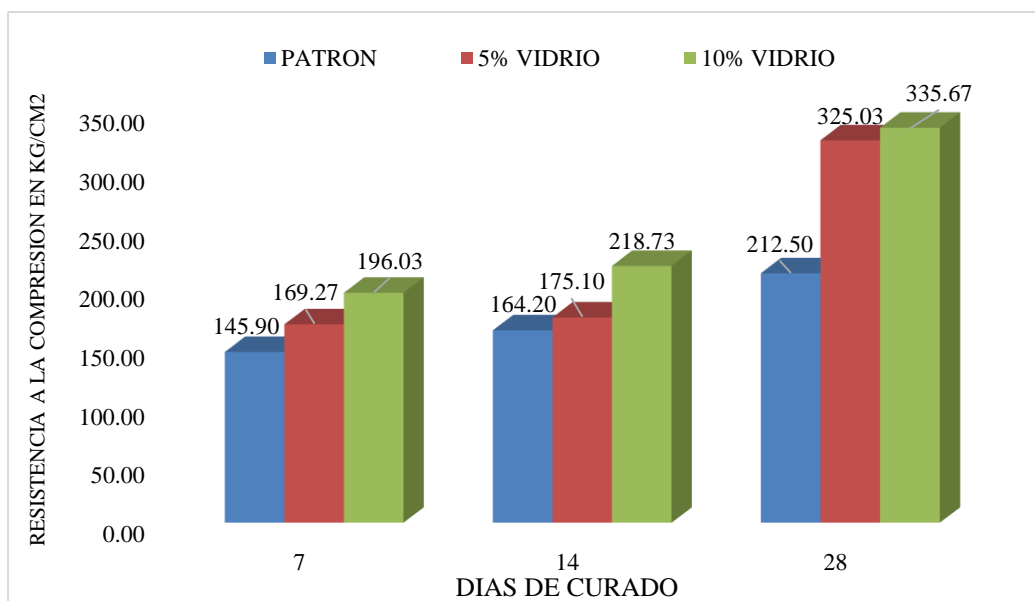
En la presente tabla se observan que las resistencias a la compresión del concreto son menores que las resistencias de los concretos experimentales a los 28 días.



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 06**

*Resistencia a la compresión de los concretos a los 28 días*



Fuente: Elaboración propia

**Figura N° 07**

*Comportamiento de las resistencias de testigos por tipo de concretos en días*

En la presente figura se presentan las resistencias a la compresión del concreto patrón y experimentales que tienen mayor resistencia que el concreto patrón, incluso superan por diferencias considerables en los distintos días, esto se debe a que el vidrio molido que ha sustituido al agregado fino tiene como uno de sus principales componentes al óxido de silicio, el cual tiene como la propiedad de ganar resistencia conforme pasan los días.

**Tabla 26**

*Análisis de varianza para determinar las diferencias de las resistencias de los concretos patrón y experimentales  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.*

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Días de curado	25840.82	2.00	12920.41	15.44	0.01	6.94
Sustitución	8891.63	2.00	4445.81	8.31	0.03	6.94
Error	3348.11	4.00	837.03			
Total	38080.56	8.00				

Fuente: Elaboración Propia.

Al observar los valores de la Probabilidad menores de 0.05 podemos concluir con un nivel de 5% de significancia que las resistencias medias en kg/cm<sup>2</sup> logradas por los especímenes de concreto patrón y los concretos experimentales con la sustitución del 5% y 10% del agregado fino por vidrio. Así mismo al comparar los valores de la Fcalculada y Fcrítico, tal como se puede ver en la presente Tabla (15.44 > 6.94 y 8.31 > 6.94), indican que existen diferencias significativas entre las resistencias a la compresión del concreto patrón y las experimentales, a consecuencia de los días de curado y también a raíz de las sustitución del agregado fino por vidrio.



#### IV). ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En la relación con los antecedentes, tenemos lo siguiente:

Se realizó una comparación de los resultados obtenidos de ensayos de resistencia a la compresión a 07, 14 y 28 días de un concreto  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$  tradicional y agregado fino sustituido en 5% y 10% por vidrio molido reciclado, de los cuales nos permite las deducciones del estudio en cuestión.

El ensayo a compresión de las probetas de concreto a los 7 días permite identificar que conforme incrementa el porcentaje de vidrio en sustitución parcial de la arena la resistencia aumenta, donde alcanza las siguientes resistencias; para patrón, 5% y 10% de vidrio;  $145.90 \text{ kg/cm}^2$ ,  $169.27 \text{ kg/cm}^2$  y  $196.03 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente; se observa que la muestra de concreto con 10% de vidrio alcanzan una mayor resistencia ( $196.03 \text{ kg/cm}^2$ ), a la vez se observa que las muestras patrón adquiere una resistencia a la compresión dentro de los límites admisibles, pero sin embargo las muestras con sustituciones de vidrio adquieren una resistencia a la compresión por encima de los límites admisibles para los siete días. (Figura N° 04).

Se visualiza que a los 14 días de la muestra de 10% de vidrio aumenta considerablemente su resistencia a  $218.73 \text{ kg/cm}^2$  que es 104.16% el cual está ligeramente por encima por el que fue diseñado, sin embargo, la muestra patrón y el 5% de vidrio están por debajo del límite admisible de resistencia para la edad de 14 días. (Figura N° 05).

A los 28 días el concreto ensayado a compresión muestra que al 5% y 10% de contenido de vidrio la resistencia aumenta considerablemente a  $325.03 \text{ kg/cm}^2$  y  $335.67$  respectivamente esto se debe a que el vidrio contiene un 81.51% de

óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) y un 8% de óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), el cual son los componentes mayores en el vidrio, siendo que la combinación de ambos se genera un elemento llamado silicato dicálcico ( $2\text{CaO},\text{SiO}_2$ ), el cual define la resistencia a largo. (Figura N° 06).

En la investigación realizada por Frank(2015), quien realizó el estudio experimental para incrementar la resistencia de un concreto de  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando un porcentaje de vidrio sódico cálcico, concluyó que la resistencia a la compresión obtenida fue de  $318.75 \text{ Kg/cm}^2$  a los 28 días, utilizando una dosificación que incluye un porcentaje mínimo de vidrio molido; este resultado es similar a la presente investigación ya que a los 28 días alcanza las resistencias a la compresión  $325.03 \text{ kg/cm}^2$  y  $335.67 \text{ kg/cm}^2$  para 5% y 10% de vidrio molido.

## V). CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

El vidrio molido tiene comportamiento como material cementante al tener más del 80% de sus componentes al óxido de silicio; lo cual facilita su uso en la elaboración del concreto y es el responsable de las altas resistencias que tienen los concretos experimentales con la sustitución del agregado fino en un 5% y 10% por vidrio molido.

El pH del vidrio molido es fuertemente alcalina, mientras que el pH del agregado fino es alcalina, además al sustituir el agregado fino por vidrio molido su pH aumenta conforme aumenta el porcentaje de sustitución, esto debido a que el vidrio molido tiene un pH que es altamente alcalina.

La relación A/C para el concreto patrón es de 0.447, mientras que para el concreto experimental con la sustitución del agregado fino por vidrio molido en un 5% la relación A/C es de 0.437 y para el concreto experimental con la sustitución del agregado fino por vidrio molido en un 10% la relación A/C es de 0.416; estas diferencias varían debido al peso específico del vidrio reciclado que afecta a la cantidad de agua, cuya variación es en cantidades mínimas, en cuanto a la diferencia con la relación A/C de diseño, se debe principalmente al contenido de humedad y porcentaje de absorción de los agregados.

Las resistencias a la compresión evaluadas a los 07, 14 y 28 días, se obtuvo que el concreto patrón y los concretos experimentales con la sustitución del agregado fino en un 5% y 10% por vidrio reciclado cumplen con la resistencia proyectada, asimismo conforme aumenta el porcentaje de sustitución del vidrio

reciclado, la resistencia a la compresión del concreto tiende a aumentar, esto debido que el vidrio reciclado tiene como uno de sus componentes principales al óxido de silicio.

En cuanto al grado de relación y varianza existe una diferencia significativa estadísticamente en las resistencias del concreto patrón y experimentales debido a los días de curado y a la sustitución agregado fino por vidrio molido.

Se tiene las siguientes recomendaciones:

Se recomienda la utilización de vidrio molido en 10% ya que se obtiene mejores características en cuanto a la resistencia a la compresión del concreto además de ser materiales que no generan costos ya que se encuentran como reciclajes.

Se recomienda reducir la cantidad de agua empleada en la mezcla que contiene vidrio molido, para conseguir asentamientos similares a los de una mezcla común, esto es debido a la impermeabilidad en el vidrio.

Se analizó el agregado grueso de la cantera Rolan de la ciudad de Huaraz, el cual según la granulometría obtenida no corresponde a los límites (superior e inferior), sin embargo se realizó el experimento donde los resultados no fueron afectados negativamente ya que cumple con la hipótesis establecida por ello se recomienda utilizar el agregado grueso (piedra chancada) de la cantera en mención

El estudio ejecutado analiza la resistencia a compresión del concreto al sustituir el agregado fino en 5% y 10% por vidrio molido, es recomendable continuar

con estudios en el tema con el motivo de conocer la influencia que pueda tener al someterles a resistencia a flexión.

## **VI). AGRADECIMIENTOS**

Sin sinceros agradecimientos a las siguientes personas:

A todos los docentes de la Universidad San Pedro de Chimbote, filial Huaraz, especialmente de la Facultad de Ingeniería, de la escuela profesional de Ingeniería Civil; quienes aportaron sus conocimientos durante mi formación profesional.

Agradecer a mis padres quienes apostaron en mí y dieron lo mejor de sí, a fin de que mi persona sea profesional.

A todas las personas que de alguna manera me brindaron su ayuda en el desarrollo y culminación de esta investigación y de una manera muy especial mi asesor el Ing. Castañeda Gamboa, Rogelio.

## VII). REFERENCIASBIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (2009). Tecnología del Concreto. 2° edic. Perú: San Marcos.
- Arciniegas, D. & Fonseca A.(2004).Utilización de Vidrio Reciclado en morteros. [Tesis para optar el título de Ingeniero Civil].
- ASTM C-127.(2004). Gravedad Específica y Absorción Agregado Fino. Recuperado de <https://es.slideshare.net/Jayagupta286/astm-c127>
- ASTM C 136-06. (2005). Análisis granulométrico del agregado fino según los requisitos físicos de gradación. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/276047132/ASTM-C-136-06-pdf>
- ASTM C 150. (2015). Especificación Normalizada para Cemento Portland. Recuperado de <https://es.slideshare.net/LuisCM3/astm-c150>
- ASTM D-2216.(2010). Contenido De Humedad Agregado Fino. Recuperado de <https://prezi.com/uhr7gilisqrg/contenido-de-humedad-astm-d2216/>
- Construcción e Ingeniería (2012). Nuevo tipo de cemento con vidrio molido y menos cemento.
- Frías, M. & Vegas, I. (2010). Nuevos materiales ecoeficientes a partir de residuos de la industria papelera como adiciones activas para la fabricación de cementos portland. Recuperado de: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/46568/1/Capitulo%20de%20libro%20Final.pdf>
- Harmsen, E. (2005). Diseño de estructuras de concreto. 4ta ed. Fondo editorial de la pontificia Universidad Católica.
- Neville, A. M. (1999). Tecnología del Concreto, México: Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto.
- NTP 334.051. (2013). Método de ensayo para determinar la resistencia a la compresión de morteros de cemento portland usando especímenes cúbicos de 50 mm de lado.

- NTP 334.057.(2002).Determinación de la fluidez de pastas de mortero.  
Recuperado de: <https://documents.tips/documents/ntp-334057-2002.html>
- NTP 339.088.(2004). Requisitos de calidad del agua para el concreto.  
Recuperado de:<https://es.slideshare.net/kiaramirellaporrascrisostomo/ntp-339088>
- NTP 399.607. (2013). Especificación normalizada de agregados para mortero de albañilería.
- NTP 400.012. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Recuperado de: [http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma\\_tecnica\\_peruana\\_dos.pdf](http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivoz/publicacionez/norma_tecnica_peruana_dos.pdf)
- NTP 400.037. (2001). Agregados. Análisis granulométrico del agregado grueso.
- Rivera, G. (2011). Concreto Simple, Colombia: Universidad del Cauca.
- Rivva, E. (1999). Diseño de Mezclas. Perú: Editorial Hozlo S.C.R.L.
- Sánchez, D., (2001), "Tecnología del concreto y del mortero", Colombia: Bhandar Editores.
- Zarta, A.& Moreno C. (2002) "Propuesta para un manejo integral de los residuos sólidos industriales: vidrio, plástico, cartón y chatarra, generados en Alpina S.A., Pelpak S.A., Colpapel S.A., Bel Star S.A, Ceramita S.A., empresas localizadas en los municipios de Sopo y Tocancipá, Cundinamarca". Proyecto de titulación publicado, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Sabana.

VIII). ANEXOS

PANEL FOTOGRÁFICO



**FOTOGRAFÍA 01:** Análisis de agregados



**FOTOGRAFÍA 02:** Moliendo el vidrio reciclado





**FOTOGRAFÍA 03:** Realizando la mezcla



**FOTOGRAFÍA 04:** Realizando las probetas



**FOTOGRAFÍA 05:** Desencofrando las probetas



**FOTOGRAFÍA 06:** Preparación y colocación de las testigos para las roturas correspondientes con la prensa hidráulica





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ANALISIS GRANULOMETRICO GRAVA**

SOLICITA : **Bach. Codina Rodriguez Rita Mariluz.**  
 TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado"  
 LUGAR : HUARAZ  
 FECHA : 26/02/2018 CANTERA : ROLAN MATERIAL : AGREGADO GRUESO

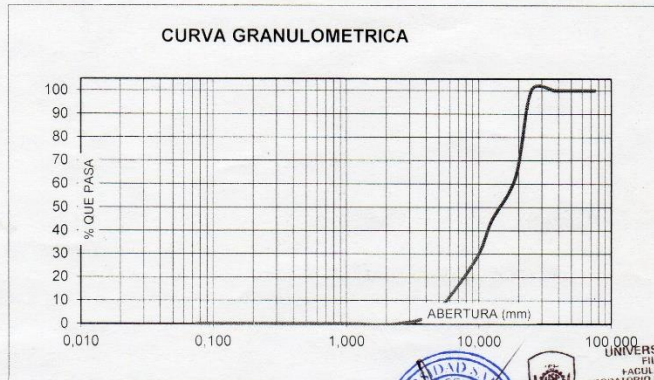
PESO SECO INICIAL	9188,5
PESO SECO LAVADO	9188,50
PESO PERDIDO POR LAVADO	0,00

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No					
3"	75,000				
2 1/2"	63,000				
2"	50,000				
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	3376,50	36,75	36,75	63,25
1/2"	12,500	1753,00	19,08	55,83	44,17
3/8"	9,500	1513,00	16,47	72,29	27,71
N° 4	4,750	2044,00	22,25	94,54	5,46
N° 8	2,360	502,00	5,46	100,00	0,00
N° 16	1,180	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 30	0,600	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 50	0,300	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 100	0,150	0,00	0,00	100,00	0,00
N° 200	0,075	0,00	0,00	100,00	0,00
PLATO		0,00	0,00	100,00	0,00
TOTAL		9188,50	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : 3/4"

HUMEDAD : 1,75%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ING. DE MATERIALES  
 Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
 CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
 - Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
 OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ANALISIS GRANULOMETRICO ARENA**

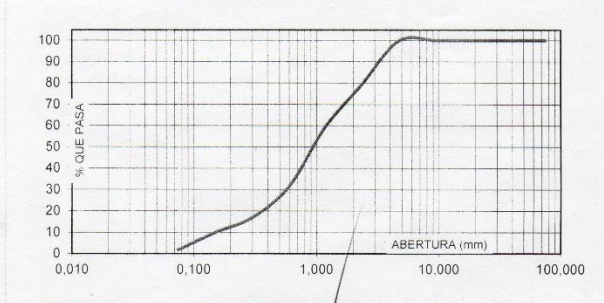
**SOLICITA :** Bach. Codina Rodriguez Rita Mariluz.  
**TESIS :** "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado"  
**LUGAR :** HUARAZ  
**FECHA :** 26/02/2018 **CANTERA :** ROLAN **MATERIAL :** AGREGADO FINO

PESO SECO INICIAL	1497.5
PESO SECO LAVADO	1469.40
PESO PERDIDO POR LAVADO	28.10

TAMIZ	ABERT. (mm.)	PESO RETEN. (gr)	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
No					
3"	75,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2 1/2"	63,000	0,00	0,00	0,00	100,00
2"	50,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00
1"	25,000	0,00	0,00	0,00	100,00
3/4"	19,000	0,00	0,00	0,00	100,00
1/2"	12,500	0,00	0,00	0,00	100,00
3/8"	9,500	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 4	4,750	0,00	0,00	0,00	100,00
N° 8	2,360	307,00	20,50	20,50	79,50
N° 16	1,180	300,50	20,07	40,57	59,43
N° 30	0,600	415,00	27,71	68,28	31,72
N° 50	0,300	221,00	14,76	83,04	16,96
N° 100	0,150	104,00	6,94	89,98	10,02
N° 200	0,075	121,90	8,14	98,12	1,88
PLATO		28,10	1,88	100,00	0,00
TOTAL		1497,50	100,00		

TAMAÑO MAXIMO NOMINAL : n° 8  
 MODULO DE FINEZA : 3,02  
 HUMEDAD : 7,87%

**CURVA GRANULOMETRICA**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 CASAJON DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216-71**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
TESIS	: "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'C = 210 Kg/Cm2 con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado"
SOLICITA	: Bach. Codina Rodriguez Rita Mariluz.
DISTRITO	: HUARAZ
PROVINCIA	: HUARAZ
PROG (KM.)	:
HECHO EN	: USP -HUARAZ
FECHA	: 26/02/2018
ASESOR	:

DATOS DE LA MUESTRA	
CALICATA	:
MUESTRA	: AGREGADO GRUESO, AGREGADO FINO ROLAN
PROF. (m)	:

AGREGADO FINO					
Nº TARRO		32	3		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1154,0	1181,0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1081,0	1108,5		
PESO DE AGUA	(g)	73,00	72,50		
PESO DEL TARRO	(g)	171,00	169,0		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	910,00	939,5		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	8,02	7,72		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			7,87	

AGEGRADO GRUESO					
Nº TARRO		43	3		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	1285,0	1411,0		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	1265,0	1390,5		
PESO DE AGUA	(g)	20,00	20,50		
PESO DEL TARRO	(g)	166,60	163,8		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1098,40	1226,7		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	1,82	1,7		
HUMEDAD PROMEDIO	(%)			1,75	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
LIGEROS DE MAQUILLAS  
*[Signature]*  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

### PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Codina Rodriguez Rita Mariluz.

**TESIS :** "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado"

**LUGAR :** HUARAZ  
**CANTERA :** ROLAN  
**MATERIAL :** AGREGADO FINO  
**FECHA :** 26/02/2018

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7720	7720	7740
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	4300	4300	4320
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1549	1549	1556
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1551 Kg/m3</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	7220	7240	7240
Peso de molde	3420	3420	3420
Peso de muestra	3800	3820	3820
Volumen de molde	2776	2776	2776
Peso unitario	1369	1376	1376
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1374 Kg/m3</b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrus  
CIP: 116544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

### PESOS UNITARIOS

**SOLICITA :** Bach. Codina Rodriguez Rita Mariluz.

**TESIS :** "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'C = 210 Kg/Cm2 con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado"

**LUGAR :** HUARAZ

**CANTERA :** ROLAN

**MATERIAL :** AGREGADO GRUESO

**FECHA :** 26/02/2018

#### PESO UNITARIO SUELTO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	28980	28970	28960
Peso de molde	7471	7471	7471
Peso de muestra	21509	21499	21489
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1567	1567	1566
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1567 Kg/m3</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

Ensayo N°	0 1	0 2	0 3
Peso de molde + muestra	27480	27470	27490
Peso de molde	7471	7471	7471
Peso de muestra	20009	19999	20019
Volumen de molde	13724	13724	13724
Peso unitario	1458	1457	1459
<b>Peso unitario prom.</b>	<b>1458 Kg/m3</b>		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
CIEN. DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO FINO**

SOLICITA : Bach. Codina Rodriguez Rita Mariluz.  
 TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'C = 210 Kg/Cm2 con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : ROLAN  
 MATERIAL : AGREGADO FINO  
 FECHA : 26/02/2018

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire)  
 B : Peso de frasco+ agua  
 C = A + B : Peso frasco + agua +material  
 D : Peso de material+agua en el frasco  
 E = C - D : Volumen de masa+volumen de vacio  
 F : Peso Material seco en horno  
 G= E- (A - F) : Volumen de masa

300,0		
679,0		
979,0		
865,2		
113,8		
296,6		
-110,40		
1,15		
	1,15	

ABSORCION (%) : ((A-F/F)x100)  
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = F/E  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/E  
 P.e. Aparente (Base Seca) = F/G

PROMEDIO		
2,61		
2,64		
-2,69		

**PROMEDIO**

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

2,61		
2,64		
-2,69		



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 115544  
 JEFE





**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**PESO ESPECIFICO Y ABSORCION  
DEL AGREGADO GRUESO**

SOLICITA : Bach. Codina Rodriguez Rita Mariluz.  
 TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'c = 210 Kg/Cm2 con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado"  
 LUGAR : HUARAZ  
 CANTERA : ROLAN  
 MATERIAL : AGREGADO GRUESO  
 FECHA : 26/02/2018

A : Peso de material saturado superficialmente seco (aire) 1004,0  
 B : Peso de material saturado superficialmente seco (agua) 631,0  
 C = A - B : Volumen de masa + volumen de vacios 373,0  
 D : Peso de material seco en el horno 1038,5  
 E = C - (A - D) : Volumen de masa 380,0

1004,0	1046,0	1069,5
631,0	660,0	680,0
373,0	386,0	389,5
996,0	1038,5	1060,0
365,0	378,5	380,0
0,80	0,72	0,90
0,81		

ABSORCION (%) : ((A-D/D)x100)  
 ABS. PROM. (%) :

P.e. Bulk (Base Seca) = D/C  
 P.e. Bulk (Base Saturada) = A/C  
 P.e. Aparente (Base Seca) = D/E

PROMEDIO		
2,67	2,69	2,72
2,69	2,71	2,75
2,73	2,74	2,79

**PROMEDIO**

P.e. Bulk (Base Seca)  
 P.e. Bulk (Base Saturada)  
 P.e. Aparente (Base Seca)

2,69
2,72
2,75



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FILIAL - HUARAZ  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
 ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
 CIP: 116544  
 JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION - 10%**

SOLICITA : Bach. Codina Rodriguez Rita Mariluz.

TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'C = 210 Kg/Cm2 con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado"

FECHA: 01/03/2018

F'C : 210 kg/cm2

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	(%)
1	CONCRETO CON VIDRIO 10%	-	-	09/02/2018	16/02/2018	7	184,4	87,8
2	CONCRETO CON VIDRIO 10%	-	-	09/02/2018	16/02/2018	7	201,7	96,1
3	CONCRETO CON VIDRIO 10%	-	-	09/02/2018	16/02/2018	7	202,0	96,2
4	CONCRETO CON VIDRIO 10%	-	-	09/02/2018	23/02/2018	14	180,5	85,9
5	CONCRETO CON VIDRIO 10%	-	-	09/02/2018	23/02/2018	14	194,9	92,8
6	CONCRETO CON VIDRIO 10%	-	-	09/02/2018	23/02/2018	14	280,8	133,7
7	CONCRETO CON VIDRIO 10%	-	-	29/01/2018	26/02/2018	28	369,6	176,0
8	CONCRETO CON VIDRIO 10%	-	-	29/01/2018	26/02/2018	28	327,8	156,1
9	CONCRETO CON VIDRIO 10%	-	-	29/01/2018	26/02/2018	28	309,7	147,5

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
PIELAJ - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 118544  
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION - 5%**

SOLICITA : Bach. Codina Rodriguez Rita Mariluz.

TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'C = 210 Kg/Cm2 con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado"

FECHA: 01/03/2018

F'C : 210 kg/cm2

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	(%)
1	CONCRETO CON VIDRIO 5%	-	-	09/02/2018	16/02/2018	7	162,2	77,2
2	CONCRETO CON VIDRIO 5%	-	-	09/02/2018	16/02/2018	7	163,3	77,8
3	CONCRETO CON VIDRIO 5%	-	-	09/02/2018	16/02/2018	7	182,3	86,8
4	CONCRETO CON VIDRIO 5%	-	-	09/02/2018	23/02/2018	14	174,1	82,9
5	CONCRETO CON VIDRIO 5%	-	-	09/02/2018	23/02/2018	14	179,6	85,5
6	CONCRETO CON VIDRIO 5%	-	-	09/02/2018	23/02/2018	14	171,6	81,7
7	CONCRETO CON VIDRIO 5%	-	-	29/01/2018	26/02/2018	28	370,3	176,4
8	CONCRETO CON VIDRIO 5%	-	-	29/01/2018	26/02/2018	28	304,4	145,0
9	CONCRETO CON VIDRIO 5%	-	-	29/01/2018	26/02/2018	28	300,5	143,1

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUANCAYO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y  
ENSAYOS DE MATERIALES  
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE



**USP**  
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION - PATRÓN**

SOLICITA : Bach. Codina Rodriguez Rita Mariluz.

TESIS : "Resistencia a la Compresion de un Concreto F'C = 210 Kg/Cm2 con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado"

FECHA: 01/03/2018

F C : 210 kg/cm2

	TESTIGO	PROGRESIVA	SLUMP	FECHA		EDAD	FC	FC/F'C
Nº	ELEMENTO	KM.	(")	MOLDEO	ROTURA	DIAS	Kg/cm2	(%)
1	CONCRETO PATRON	-	-	29/01/2018	05/02/2018	7	145,6	69,3
2	CONCRETO PATRON	-	-	29/01/2018	05/02/2018	7	128,7	61,3
3	CONCRETO PATRON	-	-	29/01/2018	05/02/2018	7	163,4	77,8
4	CONCRETO PATRON	-	-	29/01/2018	12/02/2018	14	161,7	77,0
5	CONCRETO PATRON	-	-	29/01/2018	12/02/2018	14	173,2	82,5
6	CONCRETO PATRON	-	-	29/01/2018	12/02/2018	14	157,7	75,1
7	CONCRETO PATRON	-	-	29/01/2018	26/02/2018	28	233,5	111,2
8	CONCRETO PATRON	-	-	29/01/2018	26/02/2018	28	181,9	86,6
9	CONCRETO PATRON	-	-	29/01/2018	26/02/2018	28	222,2	105,8

ESPECIFICACIONES : El ensayo responde a la norma ASTM C-39

OBSERVACIONES : Los testigos fueron elaborados y traídos a este laboratorio por el interesado.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FILIAL - HUARAZ  
FACULTAD DE INGENIERIA  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio  
CIP: 116544  
JEFE

**RECTORADO:** Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341078 / 342809 / 328034 Fax: 327896  
**CIUDAD UNIVERSITARIA:** - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 326150 / 329486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Telf.: 345042  
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704  
**OFICINA CENTRAL DE ADMISIÓN:** Esq. Aguirre y Espinar - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**

**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°14-LAQ/2018**

**Análisis de una muestra de vidrio molido por FRXDE**

**Introducción.**

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) de una muestra de vidrio molido a pediso de la Srta. **Codina Rodríguez, Rita Mariluz**, alumna de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia a la Compresión de un Concreto F’C=210 kg/cm<sup>2</sup> con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado.”**

La muestra está en forma de polvo fino de color gris claro.

**Arreglo experimental.**

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15  $\mu$ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 2600 cts/s.

Esta técnica permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene.

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

**Resultados.**

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de vidrio molido. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es ligeramente menor que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

compuestos de Na y Mg, que esta técnica no puede detectar y/o hay una ligera deficiencia en la calibración del instrumento. Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de vidrio molido en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado al 100%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.150	5.371
SiO <sub>2</sub>	81.505	84.997
SO <sub>2</sub>	0.307	0.320
ClO <sub>2</sub>	0.139	0.145
K <sub>2</sub> O	0.369	0.395
CaO	7.963	8.304
TiO <sub>2</sub>	0.074	0.077
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.008	0.009
MnO	0.016	0.017
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.242	0.252
Ni <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.002	0.003
CuO	0.003	0.003
ZnO	0.006	0.006
ZnO	0.006	0.006
ZrO <sub>2</sub>	0.021	0.022
CeO <sub>2</sub>	0.027	0.028
PbO	0.046	0.048
Totales	95.892	100.00





UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS  
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS  
Laboratorio de Arqueometría

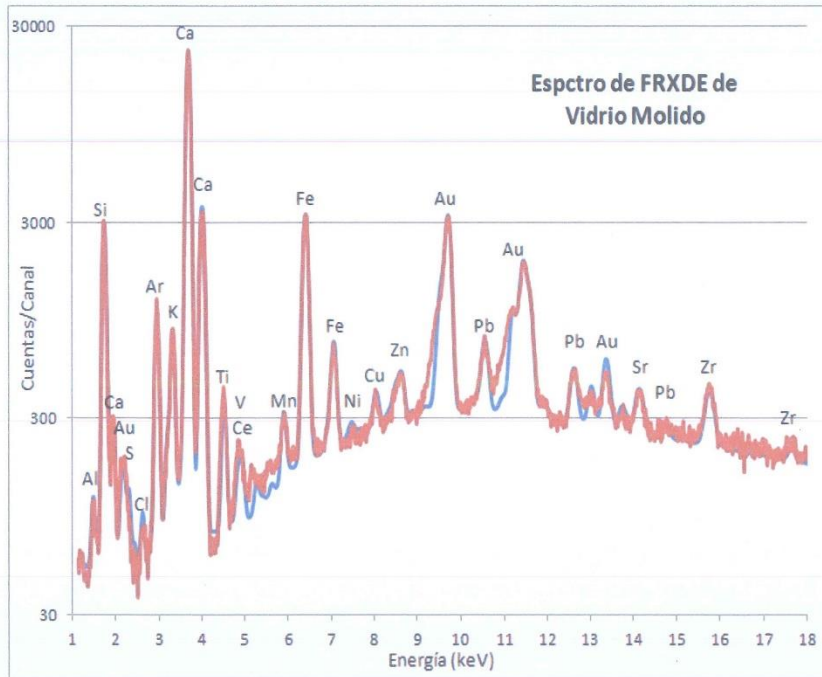


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de vidrio molido en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos  
Laboratorio de Arqueometría

Lima, 07 de marzo del 2018







**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

**Informe N°15-LAQ/2018**

**Determinación del peso específico de vidrio molido.**

**Introducción.**

Se determinó el peso específico de una muestra de vidrio molido a pedido de la Srta. **Codina Rodríguez, Rita Mariluz**, alumna de la Universidad San Pedro, sede Huaraz, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

**“Resistencia a la Compresión de un Concreto  $F'_{C}=210 \text{ kg/cm}^2$  con Agregado Fino Sustituido en 5% y 10% por Vidrio Molido Reciclado.”**

La muestra está en forma de polvo fino de color gris claro.

**Procedimiento.**

Para este fin se utilizó los siguientes materiales: Un vaso pírrex de  $100 \text{ cm}^3$ ; una muestra de vidrio molido y agua. Además, se utilizó una balanza con una precisión de 0,1 mg.

1. Primero se determinó el peso específico aparente de la muestra. Para este fin en el vaso pírrex se vertió  $80 \text{ cm}^3$  de vidrio molido que se pesó dando como resultado un peso neto de 124,608 g.
2. Luego, para determinar el peso específico en sí, hay que tomar en cuenta la presencia de porosidades en el polvo que es ocupado por aire. Para eliminar el aire en la muestra, en el vaso pírrex se vertió 100 g de vidrio molido, lo cual mostró un volumen menor que  $80 \text{ cm}^3$ . A continuación se vertió agua en el vaso pírrex hasta completar un volumen de  $80 \text{ cm}^3$ , para lo cual hubo que esperar varios minutos para que el agua penetre el íntegro del volumen del vidrio molido y se haya eliminado el aire dentro del polvo. Luego, esta mezcla se pesó dando como resultado un peso neto de 131,548 g.

**Resultados.**

1. El peso específico, aparente,  $\rho_{as}$ , se determinó de la manera siguiente:

$$\rho_{as} = 124.808 \text{ g} / 80.0 \text{ cm}^3 = 1,56 \text{ g/cm}^3$$

2. El peso específico propiamente dicho se determinó teniendo en cuenta que el peso del agua que se añadió fue de 31,548 g. Esto quiere decir, que el volumen del agua en la mezcla es de  $31.548 \text{ cm}^3$ . teniendo en cuenta que el peso específico del agua es 1,0



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)

**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS**  
**Laboratorio de Arqueometría**

$\text{g/cm}^3$ . Por lo tanto, el volumen ocupado por el vidrio molido en la mezcla es de  $48.452 \text{ cm}^3$ . Por lo tanto, el peso específico del vidrio molido viene dado por

$$\rho = 100 \text{ g} / 48,452 \text{ cm}^3 = 2,06 \text{ g/cm}^3$$

Resumiendo tenemos:

- **Peso específico aparente =  $1,56 \text{ g/cm}^3$**
- **Peso específico =  $2,06 \text{ g/cm}^3$**

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos

Laboratorio de Arqueometría



Lima, 09 de marzo del 2018

Facultad de Ciencias Físicas  
Laboratorio de Análisis de Suelos  
Informe LAS-010-18

A: Srta. Rita Mariluz Codina Rodríguez  
De: Laboratorio de análisis de Suelos  
Pedido: Análisis de pH  
Muestra: Agregado fino, vidrio molido, agregado fino (19 g) + vidrio molido (1 g), agregado fino (18 g) + vidrio molido (2 g)  
1. Resultados de los Análisis.

La tabla 1, muestra resultados de las cuatro muestras que se analizaron:

Tabla1. Resultados de la medición del pH de las muestras.

Es Es	Muestra	Rango de pH	Resultados
	Agregado fino	8.8	Alcalina
	Agregado fino (18 g) + vidrio molido (2 g)	9.2	Alcalina
	vidrio molido	10.3	Fuertemente Alcalina
	Agregado fino (19 g) + vidrio molido (1 g)	9.0	Alcalina

importante resaltar que estos resultados muestran resultados de acuerdo a la bibliografía especializada.

Elaborado por:

Lic. María L. Cerón Loayza

Lima, 09 de Marzo del 2018

