



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“Adición de vidrio reciclado en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ,  
para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima,  
Perú-2020”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero civil

**AUTOR:**

Quispe Curo, Jose Manuel (ORCID: 0000-0003-3429-3852)

**ASESOR:**

Dr. Cancho Zuñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2020

### **Dedicatoria**

Dedico ésta investigación a mi madre Elena Curo Tunqui, por ser el apoyo e incentivo de mi formación como profesional, a mis tíos por orientarme y guiarme en mis decisiones a dar este gran paso en mi vida, a mis primos por acompañarme y ser cómplice de divertidos momentos.

### **Agradecimiento**

Agradezco a mi madre Elena curu tunqui por ser el eje y apoyo de ésta investigación, a mis tíos por brindarme sus conocimientos y experiencias para alcanzar el éxito, a mi asesor Dr. Cancho Zuñiga Gerardo Enrique por su paciencia, generosidad y valioso conocimiento científico, a la Universidad César Vallejo por brindarme Sólidos conocimientos y ética profesional que lo llevaré toda mi vida, a todos los mencionados infinitas gracias.

## Índice de contenidos

<b>Carátula</b> .....	<b>i</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>ii</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>iii</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>vi</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>vii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>viii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA</b> .....	<b>22</b>
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	22
3.2 Variables y operacionalización .....	22
3.3 Población, muestra y muestreo.....	25
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..	26
3.5 Procedimientos .....	27
3.6 Métodos de análisis de datos.....	28
3.7 Aspectos éticos .....	28
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	<b>69</b>
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	<b>72</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>74</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>75</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>81</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Límites de granulometría para la arena gruesa.....	17
<b>Tabla 2.</b> Granulometría del agregado fino.....	31
<b>Tabla 3.</b> Granulometría del agregado grueso.....	32
<b>Tabla 4.</b> Granulometría del vidrio reciclado .....	32
<b>Tabla 5.</b> Ensayo de peso unitario suelto de la arena .....	33
<b>Tabla 6.</b> Ensayo de peso unitario compactado de la arena .....	34
<b>Tabla 7.</b> Ensayo de peso unitario suelto de la piedra .....	34
<b>Tabla 8.</b> Ensayo de peso unitario compactado de la piedra .....	34
<b>Tabla 9.</b> Ensayo de peso unitario suelto del vidrio triturado.....	35
<b>Tabla 10.</b> Ensayo de peso unitario compactado del vidrio triturado .....	35
<b>Tabla 11.</b> Ensayo específico y absorción del agregado fino.....	36
<b>Tabla 12.</b> Ensayo específico y absorción del agregado grueso .....	36
<b>Tabla 13.</b> Ensayo específico y absorción del vidrio triturado .....	37
<b>Tabla 14.</b> Resumen de los ensayos de los agregados .....	37
<b>Tabla 15.</b> Diseño final para 1m <sup>3</sup> de concreto patrón.....	45
<b>Tabla 16.</b> Diseño final para 1m <sup>3</sup> de concreto con 15% de vidrio triturado .....	45
<b>Tabla 17.</b> Diseño final para 1m <sup>3</sup> de concreto con 25% de vidrio triturado .....	45
<b>Tabla 18.</b> Diseño final para 1m <sup>3</sup> de concreto con 40% de vidrio triturado .....	45
<b>Tabla 19.</b> Asentamiento del concreto fresco.....	47
<b>Tabla 20.</b> Peso unitario del concreto fresco.....	49
<b>Tabla 21.</b> Rendimiento del concreto fresco.....	49
<b>Tabla 22.</b> Corrección por rendimiento para 1m <sup>3</sup> de concreto patrón .....	50
<b>Tabla 23.</b> Corrección por rendimiento para 1m <sup>3</sup> de concreto con 15% de vidrio..	50
<b>Tabla 24.</b> Corrección por rendimiento para 1m <sup>3</sup> de concreto con 25% de vidrio..	50
<b>Tabla 25.</b> Corrección por rendimiento para 1m <sup>3</sup> de concreto con 40% de vidrio..	50
<b>Tabla 26.</b> Contenido de aire .....	51
<b>Tabla 27.</b> Compresión a 7 días .....	53
<b>Tabla 28.</b> Compresión a 14 días.....	54
<b>Tabla 29.</b> Compresión a 28 días.....	55
<b>Tabla 30.</b> Evolución de la resistencia a compresión a 7,14 y 28 días.....	56
<b>Tabla 31.</b> Tracción a 7 días .....	58
<b>Tabla 32.</b> Tracción a 14 días .....	58
<b>Tabla 33.</b> Tracción a 28 días .....	60
<b>Tabla 34.</b> Evolución de la resistencia a tracción a 7,14 y 28 días.....	60
<b>Tabla 35.</b> Flexión a 28 días .....	62
<b>Tabla 36.</b> Metrado del concreto en losa aligerada de una vivienda unifamiliar .....	64
<b>Tabla 37.</b> Análisis de costo unitario para el concreto patrón .....	65
<b>Tabla 38.</b> Análisis de costo unitario del concreto con 15% de vidrio .....	65
<b>Tabla 39.</b> Análisis de costo unitario del concreto con 25% de vidrio.....	66
<b>Tabla 40.</b> Análisis de costo unitario del concreto con 40% de vidrio.....	67
<b>Tabla 41.</b> Resumen del análisis de costo unitario del concreto.....	67
<b>Tabla 42.</b> Análisis de costo unitario en material de concreto.....	68

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Tipos de cemento .....	13
<b>Figura 2.</b> Ensayo de asentamiento .....	15
<b>Figura 3.</b> Ensayo de Peso Unitario .....	18
<b>Figura 4.</b> Tratamiento del vidrio	
<b>Figura 5.</b> Trituración del vidrio .....	30
<b>Figura 6.</b> Piedra chancada	
<b>Figura 7.</b> Arena gruesa .....	44
<b>Figura 8.</b> Vidrio triturado	
<b>Figura 9.</b> Cemento Sol Tipo I.....	44
<b>Figura 10.</b> Elaboración de especímenes	
<b>Figura 11.</b> Curado de especímenes .....	46
<b>Figura 12.</b> Ensayo de asentamiento .....	47
<b>Figura 13.</b> Medición del asentamiento.....	48
<b>Figura 14.</b> Variación del peso unitario del concreto fresco .....	49
<b>Figura 15.</b> Rendimiento del concreto fresco .....	49
<b>Figura 16.</b> Variación del contenido de aire .....	52
<b>Figura 17.</b> Lectura de contenido de aire	
<b>Figura 18.</b> Olla de washintong .....	52
<b>Figura 19.</b> Compresión a los 7 días.....	54
<b>Figura 20.</b> Compresión a 14 días .....	55
<b>Figura 21.</b> Compresión a 28 días .....	56
<b>Figura 22.</b> Evolución de la resistencia a compresión.....	57
<b>Figura 23.</b> Tracción a 7 días.....	58
<b>Figura 24.</b> Tracción a los 14 días .....	59
<b>Figura 25.</b> Tracción a 28 días.....	60
<b>Figura 26.</b> Evolución de la resistencia a compresión.....	61
<b>Figura 27.</b> Flexión a 28 días .....	62
<b>Figura 28.</b> Especímenes sometidos a compresión, tracción y flexión .....	63
<b>Figura 29.</b> Costo de material .....	68

## Resumen

La presente tesis, tuvo como problema de investigación determinar de qué manera la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas y mecánicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020. El objetivo de la investigación fue analizar si la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas y mecánicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada. La metodología planteada fue en base al método científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación fue correlacional y el enfoque cuantitativo; para corroborar las hipótesis planteadas en base a los resultados, se elaboraron 72 probetas cilíndricas y 12 vigas prismáticas con 0%, 15%, 25% y 40% de vidrio reciclado en reemplazo parcial en peso de la arena gruesa; las pruebas se hicieron en estado fresco y endurecido del concreto, los resultados más favorables se lograron con el 15% de vidrio en reemplazo parcial en peso de la arena, logrando mejorar su trababilidad, reduciendo su densidad, y aumentando mínimamente su contenido de aire en estado fresco, a los 28 días de edad se pudo apreciar un incremento de 9% en su resistencia a compresión, 8.6% en su resistencia a tracción y 3.1% en su resistencia a flexión con respecto al concreto patrón.

**Palabras claves:** Concreto, vidrio, densidad, compresión, tracción, flexión.

## Abstract

The present thesis, had as a research problem to determine how the addition of recycled glass improves the physical and mechanical properties of a concrete  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$  in a lightweight slab, Lima, Peru - 2020. The objective of the Research was to analyze if the addition of recycled glass improves the physical and mechanical properties of a concrete  $f'c = 210 \text{ kg / cm}^2$  in a lightweight slab. The proposed methodology was based on the scientific method, the type of research was applied, the level of research was correlational and the approach was quantitative; To corroborate the hypotheses based on the results, 72 cylindrical specimens and 12 prismatic beams were prepared with 0%, 15%, 25% and 40% recycled glass as partial replacement by weight of the coarse sand; The tests were carried out in the fresh and hardened state of the concrete, the most favorable results were achieved with 15% glass as a partial weight replacement for the sand, improving its workability, reducing its density, and minimally increasing its air content in fresh state, at 28 days of age an increase of 9% in its compressive strength, 8.6% in its tensile strength and 3.1% in its flexural strength with respect to the standard concrete could be seen.

**Keywords:** Concrete, glass, density, compression, traction, flexion.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente nuestro ecosistema está siendo alterada aceleradamente, por diferentes agentes contaminantes, como los residuos orgánicos e inorgánicos, de los cuales los de mayor incidencia en volumen son el plástico, aluminio, acero, vidrio, etc.; cuyo proceso de degradación llega hasta 4000 años en el caso del vidrio, según la página web La Red Hispana. El reporte del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) en junio del 2018, revela que en el centro de la nación existe 184 enfoque críticos de surtido con desechos orgánicos e inorgánicos en 18 distritos, predominantes en los conos norte y sur.

El tema de la contaminación con los residuos sólidos, ha sido ya tocado por el Ministerio del Ambiente y las entidades respectivas, en los cuales las municipalidades tienen el deber de administrar los residuos sólidos, y de restaurar aquellas zonas que han sido afectadas, según La ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos; sin embargo, la producción de estos residuos generados por la población cada año aumenta, y las municipalidades no le toman la debida importancia, motivo por el cual ha aumentado los botaderos ilegales en los diferentes distritos de la capital, generando en la población aledaña dolencias intestinales, infecciones respiratorias, y vulnerabilidad de la salud de niños y ancianos.

Para mitigar los problemas ambientales se han realizado numerosas campañas e investigaciones, con la finalidad de reducir estos residuos sólidos, en consecuencia, ésta investigación busca mitigar los problemas ambientales con la adición de vidrio reciclado al concreto, para luego ser incorporados en losas aligeradas, con la finalidad de incrementar sus propiedades físicas y mecánicas, ello conllevará a disminuir costos producidos en la elaboración de losas aligeradas con concreto; ya que, la incorporación de vidrio reemplazará parcialmente una determinada cantidad del total del agregado fino.

Las viviendas autoconstruidas presentan problemas estructurales como grietas, fisuras, baja calidad ante la compresión, tracción y flexión, debido a diferentes factores como la mala dosificación del concreto, mala calidad de los agregados, por falta de supervisión de un especialista. Por lo tanto, con la incorporación de vidrio triturado y reciclado se busca mejorar su trabajabilidad, densidad y resistencias, ya

que, si no tomamos medidas preventivas ante esta realidad, a lo largo del tiempo las estructuras se irán debilitando y su periodo de vida se reducirá.

En ésta investigación, se formuló como **problema general** lo siguiente; ¿de qué manera la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas y mecánicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020?; y desarrollando como **problemas específicos** los siguientes; ¿de qué manera la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020?, ¿de qué manera la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades mecánicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020?, ¿de qué manera la adición de vidrio reciclado incide en el costo de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020?.

Las justificaciones que se plantearon están relacionadas con la problemática, y cuya **justificación social** conllevó a la mejora de las estructuras en las viviendas de Lima, adicionando vidrio reciclado, y de esta manera reduciendo las fisuras, grietas, etc.; en la **justificación económica** se buscó reducir los precios que genera la realización de estructuras de concreto, reemplazando un porcentaje de la arena gruesa con vidrio reciclado; en la **justificación ambiental** brinda una solución parcial al problema de la contaminación con residuos sólidos, ya que propone el reciclaje de vidrio para luego darle un uso amigable al hacerla parte de estructuras de concreto; y en la **justificación técnica** se propuso adicionar vidrio reciclado, en concretos de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para suplantar una determinada cantidad de arena gruesa y poder mejorar las condiciones físicas y mecánicas, cumpliendo con las especificaciones que piden normas técnicas de Perú.

El **objetivo general** que se formuló fue analizar si la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas y mecánicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020, y como **objetivos específicos** se desarrollaron los siguientes; determinar si la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020; determinar si la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades mecánicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020; determinar

la incidencia de la adición vidrio reciclado, en los costos de un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020.

La **hipótesis general** que se planteó fue el de corroborar si la adición de vidrio reciclado mejorará las propiedades físicas, mecánicas y reducirá los costos de un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020; y como **hipótesis específicas** fueron planteadas las siguientes, la adición de vidrio reciclado mejorará las propiedades físicas de un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020; la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades mecánicas de un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020; la adición de vidrio reciclado reducirá los costos de un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

**Antecedentes nacionales**, en el Perú la acumulación de desperdicios va en aumento cada año, ante esta situación muchos investigadores buscan de alguna manera reducir estos desperdicios, mediante el reciclaje y la reutilización, para luego convertirlas en parte de estructuras de viviendas.

Chávez Silva A. (2019), en su tesis titulada *“Influencia del tamaño de vidrio molido en la resistencia a compresión del concreto, Trujillo 2019”*; éste proyecto tuvo el **propósito de establecer** el influjo de la dimensión del vidrio triturado en la calidad de obstrucción a la compresión en el concreto, disminuyendo la profanación ambiental y manipulando desperdicios de vidrio de casa, las cuales suplantaron parte de la arena con 30%, 40%, 50% y 60%, con una proporción de agua versus cemento de 0.56. La investigación fue de un **tipo** de diseño experimental, y cuya **población** de estudio fueron especímenes cilíndricas de concreto de resistencia 210 kg/cm<sup>2</sup> con variadas tasas porcentuales de vidrio, y cuya **muestra** contó con 4 especímenes sin influencia de vidrio y 4 especímenes con las tasas porcentuales planteadas, la técnica utilizada fue la Observación y utilizó el método Inferencia Estadística, el **instrumento** utilizado fueron una Ficha de observación; el proporción de concreto fue realizada bajo la técnica del ACI 211. Los **resultados** de los especímenes en el ensayo a compresión, los más apreciable fueron con el 60% de vidrio de la malla N°8 a la edad de 7 días legó a 205 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días llegó a 249 kg/cm<sup>2</sup>, a partir de ello se **concluyó** que, a mayor nivel de vidrio de la dimensión de las rendijas de la malla N° 8 suplante a la arena, vigorizará los efectos en la obstrucción a la compresión, por lo que con el 60% de vidrio molido se obtienen resultados favorables.

Bazán L. y Rojas R. (2018), en su trabajo de investigación *“Comportamiento mecánico del concreto f’c=210 kg/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido incorporando vidrio reciclado, distrito de Moyobamba, San Martín-2018”*; tiene como **propósitos** determinar la tenacidad ante la compresión y flexión en el concreto al incorporarle vidrio recolectado de los desperdicios, el cual fue sometida a un proceso de reducción hasta llegar al tamaño de las partículas de arena, para reemplazarlas. La investigación fue de **tipo** aplicada y de diseño experimental, cuya **población** consistió de un conjunto de especímenes cilíndricas y prismáticas con

un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , y cuyas **muestras** fueron 12 testigos cilíndricos de 6"x12" y otras 12 testigos prismáticas de 0.15m x 0.15m x 0.50m, los **instrumentos** empleados fueron formatos estandarizados de la norma ASTM, la técnica del ACI 211 y cuestionarios. Para el análisis en el laboratorio se incorporaron al concreto vidrio reciclado en 15%, 25% y 35% los cuales reemplazaron a la arena gruesa, para estructurar la mezcla de concreto se utilizó el procedimiento ACI 211, los principales **resultados** favorables aumentaron la obstrucción a la compresión hasta 224.18  $\text{kg/cm}^2$  a 28 días de curado, con 15% de vidrio; la mayor resistencia a la flexión fue 35.3  $\text{kg/cm}^2$  a 28 días de curado, con 15% de vidrio. Por lo que se **concluyó** que la mejor oposición a las fuerzas externas se obtiene al implementar en 17.65% del vidrio reutilizado en la sustitución fraccional de arena gruesa, además el vidrio debido a su impermeabilidad permite la correcta absorción de agua de los demás elementos, manteniendo la homogeneidad.

Paredes Bendezú A. (2019), en su proyecto de investigación titulada "**Análisis de la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con adición de vidrio reciclado molido**". Se planteó el **objetivo** de determinar la obstrucción a la compresión en concretos de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con la inclusión de vidrio reutilizado y esmerilado, suplantando el peso de la arena gruesa en tasas porcentuales de 15%, 20% y 25%, para luego compararlas con un concreto convencional. El **tipo** de investigación fue aplicada y de diseño experimental, la **población** estuvo conformada por especímenes de concreto con un  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , la **muestra** contó con 45 probetas de concreto, para cada tipo de porcentaje que se adicionó y para el concreto convencional sin adiciones, el **muestreo** fue no probabilístico; los **instrumentos** empleados fueron formatos estandarizados de las NTP, MTC y mediciones estadísticas. Los principales **resultados** fueron que al adicionar 15% de vidrio reutilizado se logró una obstrucción de 252.42  $\text{kg/cm}^2$ , con 20% de vidrio reutilizado se logró una obstrucción de 228.20  $\text{kg/cm}^2$ , con 25% de vidrio reutilizado se logró una obstrucción de 217.60  $\text{kg/cm}^2$ . Se **concluyó** que adicionando vidrio reciclado molido se reduce el porcentaje de absorción del concreto por lo que aumenta la fluidez, y con el 15% en reemplazo con vidrio reciclado molido, se logró una mayor obstrucción a la compresión en similitud con el concreto tradicional.

Rivera Bernaldes A. (2018), en su tesis de investigación titulada ***“Diseño del concreto de  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con vidrio molido (sódico cálcico) como reemplazo del agregado fino, para mejorar la resistencia a la compresión”***. Tuvo como **objetivo** esencial incrementar la obstrucción a la compresión del concreto, añadiéndole 25%, 30%, 35% de vidrio molido reutilizado, suplantando a la arena. El **tipo** de investigación fue aplicada y de diseño experimental, su **población** estuvo compuesta por concretos de resistencia  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con adición de vidrio reutilizado y molido, la **muestra** contó con 36 especímenes de dimensiones de 15cm x 30cm, con 9 especímenes para cada tipo de diseño; los **instrumentos** utilizados fueron pruebas estandarizadas como la norma ACI, NTP, ASTM y la observación directa. Los principales **resultados** de la investigación fueron que la calidad a la obstrucción a 28 días de curado, con 25% de vidrio reciclado molido llegó a  $247.46\text{kg/cm}^2$ , con 30% de vidrio reciclado molido llegó a  $217.87\text{kg/cm}^2$ , con 35% de vidrio reciclado molido llegó a  $208.05\text{kg/cm}^2$ . Se **concluyó** que el 25% de vidrio en sustitución parcial de la arena gruesa, se logra una mejor calidad en obstrucción a compresión del concreto, y con el 35% de vidrio disminuye su resistencia.

Hurtado Pardo L. (2018), es su tesis titulada ***“Estudio de las propiedades físico-mecánicas de adoquines elaborados con vidrio reciclado para pavimentos de tránsito ligero, Lima-2018”***. Su principal **objetivo** esencia fue investigar si las características física-mecánicas de los adoquines elaborados con concreto mejoran al incorporar vidrio reutilizado. Fue una investigación de **tipo** aplicada de diseño cuasi-experimental, su **población** fueron adoquines de concreto con espesores de 6 cm, incorporando tasas de 10, 20, 30% de vidrio reutilizado, su **muestra** contó con 48 muestras de adoquines; los **instrumentos** utilizados fueron fichas de recolección de datos. Los **resultados** óptimos se lograron con el 20% de vidrio reciclado, ya que la absorción fue de 4.5% y sus resistencias llegaron a  $489.5\text{kg/cm}^2$  en 14 días,  $542.9\text{kg/cm}^2$  a 21 días,  $580.9\text{kg/cm}^2$  a 28 días de edad. Se **concluyó** que el vidrio reciclado disminuye el peso unitario, mejora significativamente las propiedades mecánicas del adoquín con el 20% de vidrio reciclado.

**Antecedentes Internacionales**, el reciclaje, reúso y aplicación del vidrio en las construcciones a nivel internacional es más sofisticada, su aplicación e investigación es muy variada, debido a sus propiedades inherentes del vidrio y a lo amigable que es ecológicamente.

Vargas Castro D. (2015), en su Proyecto final de Graduación titulada ***“Reutilización de vidrio plano como agregado fino en la elaboración de morteros de cemento y concretos”***, el cual tuvo como **propósito** analizar el reúso de desechos de vidrio plano, para reemplazarlo en una porción fraccionaria de arena, para elaborar morteros con cemento y concretos sólidos. En éste proyecto se analizaron 3 variedades de vidrio plano (reflectivo [V-R], espejo [V-E] y el incoloro de 6 mm [V-I]). En consecuencia, las pruebas de calidad de compresión se contemplaron a varias edades de 3, 7, 14, 28 y 56 días, los **resultados** indicaron que las cualidades de los morteros adquiridas a los 28 días con vidrio plano fueron superiores que las de la mezcla estándar (V-E con una estimación de 462 kg/cm<sup>2</sup>, V-R con una estimación de 440 kg/cm<sup>2</sup>, V-I con una estimación de 409 kg/cm<sup>2</sup> y P de 390 kg/cm<sup>2</sup>), para el concreto endurecido la calidad de compresión no se vio influenciada por la incorporación de vidrio a la edad de 28 días, las resistencias fueron (V-E con un valor de 307 kg/cm<sup>2</sup>, V-R con un valor de 308 kg/cm<sup>2</sup>, V-I con un valor de 313 kg/cm<sup>2</sup> y P de 311 kg/cm<sup>2</sup>); por lo que se **concluyó** que sí es posible la reutilización de vidrios planos para morteros y concretos, con respecto al costo de realizar mortero o concreto, el monto se mantuvo estable para todos los diseños, cabe resaltar que el concreto sólido con cada tipo de vidrio plano fue mínimamente menor en 1% al costo de la mezcla estándar.

Peñafiel Carrillo D. (2016), en su Proyecto Experimental titulada ***“Análisis de la resistencia a la compresión del hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino”***, tiene como **propósito** dar a conocer la influencia de utilizar vidrio molido al sustituir una porción fraccionaria de arena, para luego evaluar la calidad ante la compresión a través de testigos de concreto. La investigación fue de **Tipo** Experimental, la **población** son probetas cilíndricas de hormigón, para los cuales se ensayan a compresión 3 probetas de hormigón sin vidrio y otras 3 probeta de hormigón con vidrio molido reciclado, las evaluaciones son para las edades de 7, 14 y 28 días de edad, la fabricación del hormigón se

realizó para un  $f'c$  de 210 kg/cm<sup>2</sup> a través de la Técnica de Densidad Máxima, los porcentajes de vidrio utilizado en reemplazo de arena en peso fueron de 10%, 20%, 30% y 40%. Los **resultados** de la calidad ante la compresión a 7 días de edad, permite deducir que mientras más porcentaje de vidrio tenga el hormigón, la obstrucción a cargas externas disminuye; sin embargo, a edades de 14 y 28 días el nivel ideal de vidrio esmerilado que sustituye a la arena es del 40%. Tomando de referencia los resultados se **concluyó** que la utilización de vidrio esmerilado reutilizado en la sustitución parcial de la arena, en un hormigón de cualidades estándar, mejora la calidad del hormigón a la compresión y protección contra la humedad.

Adaway M. y Wang Y. (2015), en su investigación titulada ***“Recycled as a partial replacement for fine aggregate in structural concrete – Effects on compressive strength”***, tiene como **propósito** el reúso de vidrio en un concreto estructural con una sustitución fraccionaria de la arena, y la determinación del nivel óptimo de vidrio en la obstrucción ante la compresión. La técnica para la proporción de la mezcla fue el del ACI 211.1, la proporción de agua versus cemento fue de 0.42, en los cuales se analizaron tres muestras de concreto a los 7 y 28 días, para proporciones de sustitución de vidrio de 15, 20, 25, 30, 40%. Los **resultados** en cuanto a la trabajabilidad se midió a través del asentamiento, en cuanto a la densidad fresca y seca tuvo un efecto mensurable al 40% de sustitución de vidrio, lo cual genera una varianza de 2.4% y 2% en densidades frescos y secos respectivamente, en comparación con el concreto de control; la calidad ante la compresión después de 28 días de curado en agua alcanzó a 47.2 Mpa con 40% de vidrio, un 16% menor al concreto de control. Por lo tanto, se **concluyó** que la sustitución óptima para aumentar la compresión es de 30% de reemplazo con vidrio; la trabajabilidad tiene una tendencia a disminuir, a pesar de ello se encuentra dentro de los intervalos de tolerancia especificado.

Rodriguez M. y Ruiz M. (2016), en su investigación titulada ***“Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio”***, tiene como **objetivos** el aprovechamiento de los residuos como el vidrio, determinar la tenacidad del hormigón y la relación de álcali-sílice de la composición. Se

investigaron dos posibilidades del efecto de la incorporación de vidrio esmerilado utilizando en distintos porcentajes, primero se estudió la conducta ante la RAS del vidrio a través de pruebas de reactividad alcalina potencial para lo cual se manejó el Técnica Acelerado de la Barra de Mortero según Norma IRAM 1674; luego se indagó el influjo del vidrio triturado tanto en el estado fresco del hormigón así como la tenacidad a la compresión en testigos de hormigón a distintos periodos bajo la Norma IRAM 1534, la clase de vidrio que se utilizó fue Soda Cálcico o tipo A, los porcentajes de reemplazo de cemento fueron de 15%, 20% y 25%. Los exámenes para valorar la RAS con morteros fabricado de cemento y vidrio triturado no producen obstrucciones desfavorables a la composición de concreto, ya que forma una actitud beneficiaria en la inhibición de la RAS; en los ensayos de tenacidad del hormigón luego del periodo de 28 días, el espécimen modelo aprobó los estándares de durabilidad de 25 MPa, mientras que el testigo incorporado con vidrio sólo logró los 21.5 MPa. Se **concluyó** que la adición de vidrio molido da buenos resultados y se descarta las reacciones perjudiciales en la mezcla, se descubrió visiblemente su comportamiento de reacción a tiempos posteriores a las iniciales, resultado de la incorporación de vidrio como puzolana, ello se demuestra por el incremento en su resistencia, la cual fue significativa a edad de 270 días.

Gesaro R. y Montero J. (2016), en su investigación titulada ***“Establecer las propiedades del concreto adicionado con vidrio reciclado proveniente de bombillos ahorradores”***, tiene como **objetivo** establecer los parámetros mecánicas e hidráulicas del concreto, cuando se incorpore vidrio reutilizado procedentes de bombillos ahorradores. La proyecto fue de un tipo experimental exploratoria, en la cual se varió el participación de vidrio en proporción a la cantidad de cemento, la **población** fue integrada por 45 especímenes cilíndricos, junto con 75 discos cuya sección fue de 15 cm de diámetro y 5 cm de altura, donde los especímenes recibieron las cargas axiales de compresión y los discos evaluados a ensayos de absorción por capilaridad, a otra menor cantidad de discos se le hizo un peritaje visual, contándolas por el centro para analizar la distribución del vidrio y su porosidad. Los resultados fueron evaluados con 0%, 20%, 40%, 50% y 80% de adición de vidrio, se observó que con 20% de vidrio hubo un aumento en la calidad ante la compresión, en **conclusión**, los valores de porosidad indicarán la proporción el % de vidrio con el importe de cemento, por lo tanto, a mayor cantidad

de cemento habrá menos porosidad, dejando de lado la influencia del vidrio; además cabe recalcar que existe una alta variabilidad en los ensayos a compresión y en los ensayos de absorción.

Mardani-Aghabaglou A., Ramyar K. y Tuyan M. (2015), en el artículo científico titulada ***“Mechanical and durability performance of concrete incorporating fine recycled concrete and glass aggregates”***, es este artículo se **investigó** los efectos en la resistencia mecánica y durabilidad en el concreto, al incorporarle residuos de concreto y vidrio reciclado, las cuales fueron triturados, tamizados y mezclado con una gradación de 0 a 4 mm, los agregados reciclados sustituyeron en 0, 15,30,45 y 60% en peso de la arena, las cuales fueron evaluadas a 28 días de edad, se **concluyó** que con 60% de incorporación de vidrio reciclado se observó una reducción máxima en las resistencias, y con 60% de residuos de concreto sus valores son cercanas al concreto patrón; el modulo elástico dinámico aumentó con el aumento de vidrio reciclado y disminuyó con el aumento de concreto reciclado; con vidrio reciclado aumenta las propiedades de transporte, y con residuos de concreto disminuye debido a la alta porosidad.

De Brito J., Pontes J., y Serpa D. (2015), en el artículo científico titulado ***“Concrete made with recycled glass aggregates: mechanical performance”***, la **finalidad** de esta investigación fue evaluar el rendimiento mecánico del concreto, al incorporar porcentajes de 5, 10 y 20% de vidrio en reemplazo de los áridos, y determinar la influencia del tamaño de estos áridos en el rendimiento, se **concluyó** que la calidad ante la compresión tiene mayor influencia con el agregado fino a comparación con los gruesos, hay una mejora de calidad ante la prueba de abrasión del concreto con agregados de vidrio grueso, según normas es viable la incorporación de vidrio reutilizado para la fabricación de concreto.

Sedlmajer M. y Zach Jiri (2016), en el artículo científico titulado ***“Properties of lightweight concretes made of aggregate from recycled glass”***, ésta investigación tiene como **objetivo** describir las propiedades básicas del hormigón de cemento ligero, desarrollado con agregados livianos a base de vidrio reciclado, dado que se busca observar las propiedades básicas del concreto, es decir, la densidad en condiciones frescas y dúctiles, la calidad ante la compresión; se **concluyó** que el uso de vidrio reciclado, es ecológicamente una solución

interesante para mejorar las propiedades de aislamiento térmico, y propiedades mecánicas, sin embargo, presentó una baja densidad aparente; una posibilidad de aplicar éste concreto es con estructuras abiertas como capas de aislamiento térmico y en la reconstrucción de edificios, especialmente donde se requiere adaptabilidad espacial.

Du H. y Tan K. (2014), en su artículo científico titulado **“Concrete with recycled glass as fine aggregates”**, ésta investigación utilizó residuos de vidrios reciclados, con el **objetivo** de reemplazar a la arena en proporciones de 0, 25, 50, 70 y 100%, el análisis de las propiedades se realizó en condiciones frescas y endurecidas, para ello se recogieron botellas de vidrio de cerveza, las cuales fueron limpiadas y trituradas con una trituradora con mandíbulas; se **concluyó** que la arena de vidrio redujo ligeramente la densidad fresca, y hubo un aumento marginal del contenido de aire; con una proporción de 100% de arena de vidrio, aumentó la calidad ante la compresión, tracción y flexión; mejoró la obstrucción a la penetración de iones cloruro con la incorporación de vidrio del tamaño de la arena.

Giosué C., Mobili A. y Tittarelli F. (2018), en su artículo científico titulado **“Recycled glass as aggregate for architectural mortars”**, tuvo como **objetivo** en la investigación el reuso de residuos mixtos de vidrio, para la fabricación de morteros arquitectónicos decorativos, en proporciones de 0, 33, 66 y 100% del volumen de grava calcárea reemplazada por cullets de vidrio reciclado, con el objetivo de mitigar la posible reacción álcali-sílice; se **concluyó** que la adición de cullets de vidrio reciclado en morteros de hasta un 100% en volumen, mejora la trabajabilidad, se observó una pequeña reducción en la calidad ante la compresión y a la flexión, lo cual no impide su uso según la norma EN 1504-3:2005; además se produjo un aumento en el módulo de elasticidad de hasta 12% a 100% de reemplazo, gracias a la rigidez del vidrio.

Sharma R. (2017), en su artículo científico titulado **“Compressive strength of concrete using construction demolition waste, glass waste, superplasticizer and fiber”**, éste estudio experimental tiene como **objetivo** destacar los resultados de las pruebas de la calidad ante la compresión, realizadas en diferentes muestras de concreto, compuesto con residuos de demolición de construcción y residuos de vidrio con y sin plastificante y fibra; se **concluyó** que la tenacidad a los 28 días de

curado del concreto aumenta, con el uso de despojos de construcción y demolición en comparación con la muestra de control, cuando el agregado fino se sustituye hasta un 30%, se observa una mejora en la calidad ante la compresión, sin embargo si se utilizan escombros de edificaciones y voladuras y despojos de vidrio incluyendo superplastificante y fibra, la calidad ante la compresión disminuye.

**Teorías concernientes a la investigación**, para entender el proceso uso y aplicación del concreto es importante conocer sus componentes y características.

**Concreto**, es el resultado de la aglomeración entre el cemento, piedra chancada, arena y agua, cabe resaltar que el mortero está conformado por cemento, arena y agua cuyo fin principal es la de articular los componentes del agregado grueso, ocupando los vacíos que generan debido a su condición geométrica (Harmsen, 2005, p. 11).

**Concreto reforzado**, éste tipo de concreto es el resultado de la unión del concreto y acero, donde el acero es el soporte que proporciona la elasticidad que necesitan las estructuras, y que por sí solo el concreto lo posee, ya que el concreto como la mayoría de los componentes pétreos, cuentan con una alta calidad de obstrucción a la compresión y una excepcional disminución en la calidad ante la tensión; dependiendo de la necesidad se utilizan determinados aditivos, para mejorar las cualidades en el concreto como la ductilidad, durabilidad y tiempo de fraguado (Brown y McCormac, 2011, p.1).

**Materiales**, los principales componentes que se utilizará en esta investigación serán cementos del tipo I, agregados finos y grueso de cantera, agua potable y vidrio reutilizado.

**Cemento**, según Harmsen (2005, p. 11), la fabricación del cemento se realiza con la pulverización del Clinker, cuyo proceso consiste en calcinar a temperaturas elevadas y lograr la combinación de los materiales calcáreos y arcillosos; el cemento está compuesto por Silicato Tricálcico, Silicato Dicálcico, Aluminato Tricalcico, Alumino-Ferrito Tetracálcico y otros componentes menores como Óxido de Magnesio, Potasio, Sodio, Manganeso y Titanio.

Existe una gran variedad de cemento, los cuales están especificados en la Norma ASTM – C 150-99a; el cemento de mayor uso en Lima es el Tipo I utilizado en concretos que no demandan propiedades específicas.

**Figura 1.** *Tipos de cemento*



Recuperado de  
<https://sites.google.com/site/materiotecabeatriz/home/piedra-artificial-cemento-portland>

**Agregado fino o arena**, según Harmsen (2005, p. 12), son elementos inertes constituyentes del concreto; la arena fina y gruesa deben poseer condiciones adecuadas para su uso, por ello deben ser durables, fuertes, limpios y libres de polvo, limo y materia orgánica, su gradación debe ajustarse a la norma ASTM C-33.

**Agregado grueso o piedra**, según Harmsen (2005, p. 13), la piedra gruesa se obtiene a partir del proceso mecánico realizada por chancadoras o por el zarandeo de grava de río o veta natural, con la ayuda de cargadores, para concreto ciclópeo se pueden utilizar rocas de 15 y 20 cm, su gradación debe ajustarse a la norma ASTM C-33.

**Agua**, según Harmsen (2005, p. 13), cuando se requiera una dosificación de concreto es esencial utilizar agua exenta de elementos como los aceites, ácidos, álcalis, sales y materia orgánica, la hidratación al cemento es el propósito de su uso, usualmente se suele utilizar agua potable para diseñar concretos.

**Vidrio**, según Kottas (2016, p.154), técnicamente el vidrio se define como un líquido sobre-enfriado y es producto de la fusión inorgánica, en la cual se solidifica éste líquido mediante un enfriamiento controlado, al cambiar de estado la luz puede penetrarla y éste parece transparente; el vidrio se produce a partir de varios

elementos químicos, donde el componente mayoritario es el dióxido de silicio; la sílice puede ser de arena, cristales de cuarzo o de pedernal.

**Vidrio sódico cálcico**, según Catalan (2013, p.20), es la clase de vidrio que se estila utilizar para elaborar contenedores como botellas, jarrones y platos de mesa, vidrios de ventana y vidrios laminados, debido a que son inertes y no contaminan el contenido que poseen.

**Propiedades físicas del concreto**, según Pasquel (1998, p. 129), las propiedades del concreto surgen de la reacción química que produce el cemento al contacto con el líquido hidratante y en presencia de los agregados; la trabajabilidad es la propiedad que más priorizan los diseñadores y productores, sin dejar de lado las demás propiedades, éstas propiedades se conocen luego de haber realizado un control de calidad al concreto en estado fresco.

**Trabajabilidad**, según Sánchez (2001, p. 111-112), también conocida como manejabilidad, es la disposición que ofrece el concreto en condiciones frescas para su elaboración, transporte, colocado, compactado y acabado, el procedimiento convencional de evaluar la trabajabilidad es a través de la prueba de asentamiento, ésta prueba utiliza el Cono de Abrams, el cual es la técnica más conocida a nivel mundial por su rapidez y simplicidad.

**Según (NTP 339.035, p. 2)**, la prueba de asentamiento somete a agregados de hasta 37.5 mm de dimensión, si el material es superior a dicho tamaño, el ensayo se realizará al retirar los agregados de mayor tamaño.

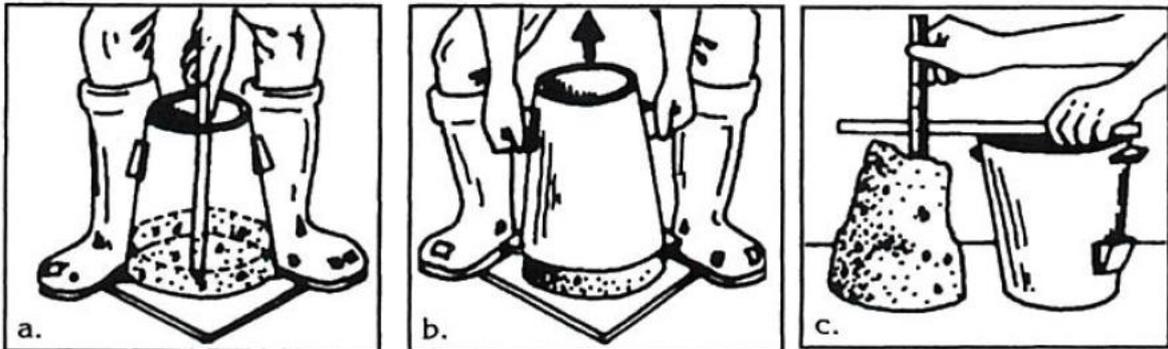
Para el ensayo de asentamiento se utilizan los siguientes instrumentos:

1. Cono de Abrams
2. Varilla compactadora
3. Cucharón
4. Instrumento de medición
5. Cucharón metálico
6. Bandeja metálica

Procedimiento del ensayo:

Antes de iniciar el ensayo se debe humedecer los equipos utilizados, se inicia colocando el cono de Abrams sobre la bandeja metálica, el llenado de concreto se realiza en 3 capas de igual proporción, cada capa apisonando con 25 varilladas en espira dirigida hacia el centro. La última capa se enrrasa con de la varilla lisa de 5/8", para eliminar el sobrante de concreto, consecutivamente se levanta el cono en forma vertical, luego se procede se medir la altura generada por el cono invertido y el concreto fresco, determinado de ésta manera el slump.

**Figura 2.** *Ensayo de asentamiento*



Fuente: Sánchez Diego (2001, p.114)

**Relación agua cemento (a/c)**, según Guevara *et al.* (2012, p. 81), es una proporción determinante de las cualidades del concreto, donde el agua y el cemento tiene enorme impacto en la resistencia al ataque de agentes y fuerzas externas. la estimación de la cantidad de agua debe llevarse responsablemente, ya que conforme se aumente el agua, aumenta la fluidez de la mezcla, del mismo modo su trabajabilidad y plasticidad; sin embargo, empieza a reducirse su resistencia a causa de un aumento en volumen de espacios originados, por la mayor presencia de agua libre.

Para el diseño del concreto se utiliza el método formulado por el comité ACI 211, la cual cuenta con un conjunto de tablas, para la elección de la proporción agua versus cemento, ya sea para un diseño por resistencia, (Torre Ana, 2004, p.96).

**Fluidez o consistencia**, según Quiun (2014, p. 69), es la virtud de la mezcla sólida de fluir o ser útil; para determinarla se completa una prueba que consiste es sacudirla en una tabla, que posee un prototipo en forma tronco-cónico, en la cual se introduce concreto en dos capas y pisoneado con 25 golpes por capa para luego

medir el incremento del diámetro inicial, donde es recomendable que este diámetro sea del orden de 120%.

**Exudación**, según Sánchez (2001, p. 123-124), consiste en la desunión del agua con el concreto fresco, y que asciende hacia el exterior de la mezcla, interpretándose como una instancia común de sedimentación, donde la parte sólida se asienta dentro de la masa plástica; en el caso de que el nivel de evaporación sea menor que la de exudación, la superficie queda permeable y con baja obstrucción al desgaste; si el nivel de evaporación es superior que el de la exudación, se producen roturas por contracción plástica en el sólido formado.

**Segregación**, según Sánchez (2001, p. 123), la desigualdad en densidades, la dimensión de las partículas, la proporción de la mezcla de los elementos del concreto conducen a un descenso de las partículas de mayor masa, de modo que la distribución deja de ser uniforme.

**Densidad del concreto**, en pavimentos y edificaciones se estila aplicar un concreto convencional con variación de su densidad en el rango de 2200 hasta 2400 kg/m<sup>3</sup>, esto depende de la cantidad y la densidad de los agregados, de la cantidad de aire atrapado, de la cantidad de cemento y agua (según la página web Notas de concreto).

**Granulometría**, según Abanto (2013, p. 24), la granulometría consiste en clasificar las trizas de piedra o arena, cuya distribución de sus tamaños está estandarizado en las normas, para dicho proceso se utilizan tamices de diferentes aberturas y un agitador manual o mecánica.

**Según (NTP 400.012, p. 2)**, indican los parámetros que deben cumplir los agregados, donde se detalla la técnica para determinar la distribución por dimensión de trizas de arena, piedra y agregado global por tamizado.

Para determinar la granulometría se utilizan los siguientes instrumentos:

1. Balanza
2. Tamices
3. Agitador mecánico o manual
4. Horno

5. Cucharon
6. Bandeja metálica

Procedimiento del análisis granulométrico:

Secar la muestra a peso constante, separar las muestras retenidas en el tamiz N°4, luego elegir los tamices adecuado según sea el tipo de muestra a analizar, encajar los tamices y agitarla manualmente o mecánicamente; posteriormente se determina la masa de cada material retenido sobre una balanza.

**Según (NTP 400.037, p.1)**, ésta norma indica los parámetros de granulometría y la calidad que el agregado grueso y fino deben cumplir para su uso en el concreto, ver tabla 1.

**Tabla 1.** Límites de granulometría para la arena gruesa

Tamiz	Porcentaje que pasa
(3/8" pulg)	100
(No. 4)	95 a 100
(No. 8)	80 a 100
(No. 16)	50 a 85
(No. 30)	25 a 60
(No. 50)	5 a 30
(No. 100)	0 a 10
(No. 200)	0 a 3

Fuente: NTP 400.037, p. 8

**Peso unitario**, según Sánchez (2001, p. 165), es la cantidad de masa por unidad de volumen se acostumbra expresar en  $\text{kg/m}^3$ , en concretos armados en presencia del acero se asume el valor de  $2.400 \text{ kg/m}^3$ . El peso unitario del concreto es la suma de los pesos individuales de cada componente por un metro cúbico.

Para determinar la densidad se realiza el ensayo de peso unitario del concreto en condición fresca, la cual se determina mediante una división de la cantidad en kilogramos de la masa neta del concreto con el volumen del recipiente cilíndrico.

Para el ensayo se utilizan los siguientes instrumentos:

1. Balanza
2. Varilla

3. Molde de 1/3 pie cúbico
4. Mazo de goma
5. Placa enrrasadora

Procedimiento del ensayo, según el MTC E 714 (2016, p 842-843):

Pesar el molde de 1/3 pie cúbico, luego se introduce concreto en el interior del recipiente cilíndrico, en capas de 3 niveles con similar proporción en volumen, apisonando con la varilla lisa 25 golpes en forma de espiral, luego de colocar se golpea 12 veces en promedio con el mazo de goma, con la intención de liberar las burbujas de aire y disminuir los vacíos. Al término de la última capa se enrrasa con la plancha metálica, finalmente se pesa en una balanza el recipiente con el concreto.

**Figura 3. Ensayo de Peso Unitario**



Recuperado de  
file:///E:/EXCEL%20aplicado%20a%20la%20construcci%C3%B3n%20CAPECO/peso-unitario%20met%20gravimetrico%20.pdf

**Módulo de fineza**, según Abanto (2013, p 28-29), indica el índice de finura de la dimensión media de los agregados, si el índice es un valor pequeño se trata de un agregado fino, cuando es un valor alto le corresponde a un agregado grueso, además tiene como función, examinar la similitud del tamaño de los agregados, verificar si cumple con las especificaciones que solicita la norma. El cálculo se realiza al sumar las tasas porcentuales acumuladas en la serie de mallas establecidas, luego se las divide entre cien.

**Contenido de aire**, según Kerkkoff, Kosmatka, Panarese y Tanesi (2004, p 161), actualmente es recomendable incorporar aire al concreto, esencialmente para mejorar su resistencia a ciclos de congelamiento y deshielo.

según Kerkkoff, Kosmatka, Panarese y Tanesi (2004, p 180), el contenido de aire recomendado dependerá del tipo de estructura, las condiciones del clima, del ciclo de congelamiento y deshielo, de la vida útil de la estructura; el Código ACI recomienda 6% para climas fríos severos con agregados de TMN de 3/4", para climas fríos moderados 5%, y en condiciones normales hasta 3.5%.

**Norma Técnica Peruana (NTP 339.083)**, según (NTP 339.083, p. 5), es usual que se presenten en el concreto pequeñas cantidades de aire atrapado en la mezcla, a consecuencia del proceso de manipulación, la distribución granulométrica y del tamaño máximo nominal de los agregados.

**Propiedades mecánicas**, según Abanto (2013, p 50-51), la tenacidad del concreto no puede evaluarse en estado plástico, por lo que realizan pruebas de probetas curadas que ya han endurecido, a diferentes días de edad.

**Resistencia a la compresión**, según Harmsen (2005, p. 21), la calidad ante la compresión se calcula mediante la prueba de testigos estándar de concreto con 6" de diámetro y 12" de alto, en una máquina de compresión hidráulica, donde la mezcla de concreto debe instalarse en un molde por 24 horas, después de haber sido colocada debe ser curado sumergiéndola en agua, hasta el momento que desee hacerse el ensayo; la técnica estándar de ensayo, requiere que el testigo de concreto tenga una edad de 28 días; la tenacidad a la compresión  $f'_c$  se precisa con el promedio de las resistencia, mínimo de al menos dos testigos de concreto, escogidas de un mismo grupo similar y a una edad similar.

**Norma Técnica Peruana (NTP 339.034)**, según (NTP 339.034, p. 3), el procedimiento de la prueba se base en la aplicación de cargas en la sección transversal de la probeta cilíndrica o especímenes extraídos por la prueba de corazones diamantinos, la aplicación es a una velocidad estandarizada; la resistencia es determinada del promedio de 3 probetas de 4" por 8", dicha resistencia está determinada por la división de la carga más extrema encontrada en la prueba, entre la zona de sección de la muestra, los resultado de estas pruebas se utilizan para determinar la calidad de su resistencia, la dosificación utilizada, la calidad en el mezclado y colocación del concreto.

**Resistencia a la tracción**, según Harmsen (2005, p. 24-25), la calidad a la obstrucción de tracción es considerablemente inferior a la calidad en compresión del concreto, la estimación aproximada es de 8% a 15% de ésta; cuando se requiere conocer éste parámetro no se utilizan pruebas directas debido a la limitada precisión, por ello para establecer la calidad en resistencia a tracción suelen usarse técnicas indirectas. El más utilizado se denomina prueba brasilera o “ Split-test” esta estrategia radica en exponer a la muestra de concreto bajo cargas laterales hasta que falle; la segunda estrategia requiere evaluarse bajo esfuerzos de flexión, donde se requiere un molde para elaborar una viga pequeña de sección de 15cm por 15cm y longitud de 70cm; el valor que se registra, se obtiene bajos cálculos y se denominada Módulo de rotura.

**Norma Técnica Peruana (NTP 339.084)**, según (NTP 339.084, p. 4), indica el método normalizado a utilizar, y evaluar la calidad a la tracción por compresión diametral, consiste en ejercer cargas laterales, a una velocidad constante y uniforme, hasta que se produzca la falla en los especímenes cilíndricos o testigos diamantinos.

**Resistencia a la flexión**, según Sánchez (2001, p. 141), La obstrucción a la flexión se evalúa ensayando vigas de sección cuadrada de 50 cm de longitud, y 15cm de lados, bajo las condiciones instituidas por la ASTM C-192.

**Norma Técnica Peruana (NTP 339.078)**, según (NTP 339.078, p. 1), ésta norma indica el método adecuado para evaluar su calidad a la flexión en vigas pequeñas moldeadas, las cargas están dirigidas a los tercios de la luz, se suele utilizar para evaluar las construcciones de losa y pavimento.

**ACI 318S-14**, según (ACI 318S-14, p. 9), ésta guía incorpora las necesidades para un adecuado diseño de estructuras de concreto, incluido el concreto simple; el cual ha sido reorganizado con respecto a la versión anterior, su finalidad es brindar una serie de disposiciones para su aplicación e interpretación.

**Propiedades del vidrio**, según Kottas (2016, p.154), las propiedades más comunes de los diferentes tipos de vidrio son la alta resistencia a la tracción (en el caso del vidrio flotado va de 3800 a 4670 N/mm<sup>2</sup>), compresión (en el caso del vidrio flotado va de 35 a 55 N/mm<sup>2</sup>) y a los impactos, no es corrosivo ni combustible.

**Productos de vidrio,** Según Mincetur (2013, p.49), Éstos productos surgen de la fusión en altas temperaturas de sílice de arena con algunos fundentes, obteniéndose un líquido viscoso, la cual alcanza una consistencia sólida mediante un proceso lento de enfriamiento hasta alcanzar un aspecto sólido transparente, para luego ser moldeado en caliente.

Las principales líneas y productos que podemos encontrar son envases para bebidas como Botellas para gaseosas, vinos, licores, cervezas, aguas, jugos, néctares, envases para alimentos, envases de laboratorio y farmacéuticos, vidrios laminados y templados, vidrios para construcción, artículos de consumo.

**Reciclaje del vidrio,** según Fox-Davies (2012, p.24), muchas de los objetos que arrojamamos a la basura pueden ser utilizados de manera eficiente por alguien más, con un poco de esfuerzo podemos transformarlos en dinero o parte de algo importante. Para el reciclaje de vidrio y otros elementos una buena manera es colocar cajas y contenedores, se debe separar lo reciclado para evitar que se contaminen.

**Tratamiento del vidrio,** según Kottas (2016, p.172), la superficie del vidrio debe ser limpiado y lavado, ya que la suciedad le hace perder muchas de sus cualidades, entre ellas la adherencia a otros materiales; la alta presión del agua remueve las partículas o se puede empapar con una solución acuosa con detergente, para luego enjuagarla y dejar secarla.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

Según Carrasco (2015, p.43-44), la investigación aplicada se caracteriza por poseer intenciones prácticas e inmediatos bien reconocidas, por ello busca transformar, modificar o producir cambios buscando una nueva realidad, para ello utiliza teorías científicas.

El tipo de investigación que se aplicó es la de tipo aplicada, porque se utilizaron conocimientos ya determinados, con el objetivo de corroborar la hipótesis planteada.

##### **Diseño de investigación**

Según Carrasco (2015, p.60), en términos sencillos consiste en realizar una acción para luego observar sus efectos; en términos rigurosos en el plano científico consiste en manipular una o más variables independientes, para luego examinar los efectos en las variables dependientes.

El diseño de investigación que se aplicó es la experimental, por que se conocían las variables, las cuales fueron manipuladas en condiciones controladas.

##### **Nivel de investigación**

Según Hernández (2010, p.81) el nivel correlacional busca descubrir la relación o el grado de vinculación que existe entre las variables, cuyo fin último es saber cómo se comporta una variable a partir del comportamiento de las otras variables vinculadas.

El nivel de investigación que se aplicó es el correlacional, por que se buscó identificar el nivel de vinculación entre las variables, por medio de pruebas estandarizadas en laboratorio.

#### **3.2 Variables y operacionalización**

##### **VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

Según Carrasco (2015, p.219), básicamente la variable se puede conceptualizar como los factores de los problemas de una investigación, que definen un conjunto de propiedades, cualidades y características observables en el objeto de estudio.

### **Variable independiente**

Según Carrasco (2015, p.223), forman parte de este concepto aquellas variables que ejercen influencia o causan efectos en otras variables denominadas dependientes.

Vi: Adición de vidrio reciclado

### **Variable dependiente**

Según Carrasco (2015, p.223), forman parte de este concepto aquellas variables que reciben la influencia o el efecto, producto de la manipulación de otras variables.

Vd1: Propiedades físicas

Vd2: Propiedades mecánicas

### **Definición conceptual**

Según Valderrama (2019, p.159), consiste en definir conceptualmente las variables de la investigación, y cuyos conceptos se pueden obtener en libros especializados.

1. Vi: Adición de vidrio reciclado

Según el RNE (Norma E 0.40), el vidrio es un elemento sólido, sobrefundido, sin forma definida, duro, frágil, el cual es constituido por un complejo componente químico de silicatos sódicos y de cal, cuya fórmula que la representa es  $\text{SiO}_2$  (Na<sub>2</sub>O)<sub>m</sub> (CaO)<sub>n</sub>.

2. Vd1: Propiedades físicas

Según Pasquel (1998, p. 129), las propiedades del concreto son el resultado de la reacción química que produce el cemento al contacto con el agua y en presencia de los agregados; la trabajabilidad es la propiedad que se prioriza.

3. Vd2: Propiedades mecánicas

Según Abanto (2013, p 50-51), la tenacidad del concreto no puede evaluarse en estado plástico, por lo que realizan pruebas de probetas curadas que ya han endurecido, a diferentes días de edad.

### **Definición operacional**

Según Carrasco (2015, p.220), consiste en manifestar lo observado y medido en el análisis de las variables, en términos sencillos es la definición por degradación o descomposición de las variables en referentes empíricos, ello se realiza mediante un proceso deductivo.

#### 1. Vi: Adición de vidrio reciclado

Se evaluará la influencia del vidrio en un concreto con  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ , para ello se utilizarán vidrios reciclados del hogar, como los vidrios de envases de bebidas, envases de alimentos, artículos de consumo; cuyo proceso de obtención será a través del reciclaje, luego éste será tratado y triturado para finalmente analizarlo granulométricamente.

#### 2. Vd1: Propiedades físicas

Las propiedades físicas del concreto se determinan en condiciones frescas, de los cuales la trabajabilidad es la propiedad que priorizan los diseñadores y productores, el cual consiste en determinar el asentamiento también demolido slump, contenido de aire y densidad, cuyos resultados depende de la proporción de agua versus cemento que se utilice, la granulometría, y módulo de fineza en la elaboración de la mezcla.

#### 3. Vd2: Propiedades mecánicas

Se evaluará éstas propiedades en un período ya endurecido, la tenacidad a la fuerza de compresión y la tenacidad a la tracción a edades de 7, 14 y 28 días con 0%, 15%, 25%, 40% de adición de vidrio reciclado, en un laboratorio a través de máquinas hidráulicas, bajo las normas y parámetros de la NTP 339.034, NTP 339.084 y el ACI 318.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Según Valderrama (2019, p.182), la población está compuesta por gran cantidad de elementos que tienen cualidades o atributos que los conectan e incluyen en un grupo, que está sujeta a un análisis, éstas pueden ser observables y descritas; al definir la población se debe considerar que elementos lo conforman, el lugar, espacio de los elementos e indicar el tiempo en el espacio contextual del proyecto.

La población de la presente investigación está constituida por concretos de un  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , la cual se aplicó a losas aligeradas en Lima- Perú.

#### **Muestra**

Según Valderrama (2019, p.184), consiste en un subconjunto de una población, la cual es representativa, porque éstas poseen fielmente características comunes, para ello se debe incurrir en un número óptimo y mínimo de unidades adecuadas; si la muestra no fuera representativa se dice que la muestra está sesgada.

La muestra de ésta investigación contó con 72 especímenes cilíndricos y 12 vigas prismáticas, de las cuales 36 especímenes cilíndricos son para ensayos de compresión, y los otros 36 especímenes para ensayos de tracción, las 12 vigas para ensayos de flexión; a las cuales se les ha adicionado 0%, 15%, 25% y 40% de vidrio reciclado.

#### **Muestreo**

Según Valderrama (2019, p.188), el muestro es un procedimiento para seleccionar un segmento de la población, a través del cual se evalúan sus cualidades; y con la información obtenida se determina el objeto de estudio.

#### **Muestreo no probabilístico**

Según Valderrama (2019, p.193), éste muestreo es susceptible a ser influenciada por el investigador, ya que se selecciona por cuestiones de comodidad y de acuerdo al criterio que tenga; se utiliza cuando cuando el muestreo probabilístico implica un elevado costo.

El muestreo para esta investigación fue el no probabilístico e intencional, ya que la selección de las muestras fue a criterio y dependiente de ciertas características del objeto de estudio; ello debido a la limitada población.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

#### **Técnicas de recolección de datos**

Según Valderrama (2019, p.194), se realiza de acuerdo al problema de estudio e hipótesis, la cual consiste en recolectar la información pertinente de las variables de estudio, ello implica organizar un plan detallado de recolección de datos.

Las técnicas utilizadas en esta investigación fue la observación, que comprende de un proceso ordenado, legítimo y veraz para determinar el vidrio reciclado óptimo a utilizar, el total de agregados, el tipo de cemento y la cantidad de agua que se utilizará para el plan de diseño de mezcla de concreto; adicionalmente para su análisis se utilizó hojas Excel, formatos de ensayos y fichas de check list.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Según Valderrama (2019, p.195), los instrumentos son materiales o medios, las cuales serán utilizada por el especialista para recopilar y almacenar datos, obtenidas de la manipulación controlada de las variables, por lo tanto, se debe seleccionar coherentemente estos instrumentos.

Los instrumentos de medición que se utilizó en esta investigación fueron formatos estandarizados en base a las Normas Técnicas Peruanas y el ACI 211.1

1. Formato del ensayo de granulometría de agregados.
2. Formato del ensayo de peso unitario suelto y compactado de los agregados.
3. Formato del ensayo de densidad, peso específico, contenido de aire del concreto.
4. Formato de ensayo de compresión, tracción y flexión para concreto endurecido.
5. Formato en Excel de diseño de mezcla
6. Formato en Excel de Análisis de costo Unitario

## **Validez**

Según Hernández (2010, p.201), indica que la validez se refiere al grado de precisión con el que es medido una variable, para este proceso se piensa en la variable y se describen sus principales características, que permitan llegar a conclusiones acertadas.

La validez en esta investigación consistió en recabar información de las variables en base a fuentes confiables como son las Normas Técnicas Peruanas y el comité ACI 211.1, para ello se elaboraron especímenes cilíndricos y vigas prismáticas, cuyos resultados obtenidos fueron comparados con una muestra patrón.

## **Confiabilidad**

Según Hernández (2010, p.200), la confiabilidad de un instrumento de medición se base, en que los resultados de la prueba sean relativamente iguales y no varíen demasiado, sino éste instrumento no será confiable.

La confiabilidad de esta investigación fue respaldada por tres ingenieros especialista y conocedores del tema, por lo tanto, los resultados obtenidos en laboratorio serán confiables.

## **3.5 Procedimientos**

- Recolección de botellas de vidrio
- Tratamiento de las botellas de vidrio
- Trituración de las botellas usando los EPP
- Tamizado del vidrio triturado
- Ensayos a los agregados gruesos, finos y vidrio
- Peso específico y absorción del agregado fino (NTP 400.022)
- Peso específico y absorción del agregado grueso (NTP 400.021)
- Análisis granulométrico del agregado fino y grueso (NTP 400.012)
- Densidad de masa (Peso unitario) del agregado fino y grueso (NTP 400.017)
- Diseño de mezcla mediante el Método ACI 211.1
- Evaluación de las propiedades físicas del concreto fresco
- Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto endurecido

### **3.6 Métodos de análisis de datos**

#### **Recolección de información base**

Esta etapa de la investigación consistió en la búsqueda y acumulación de fuentes, como tesis, libros, artículos científicos, revistas electrónicas, normas, etc. cuyo fin fue dar sustento teórico y científico a la investigación.

#### **Ensayos de laboratorio**

Para comenzar, se buscó el total de agregados a utilizar para la configuración del diseño de mezcla, los cuales cumplieron las especificaciones técnicas según las normas; luego se trituró el vidrio reciclado, hasta que tome un tamaño similar al de la arena gruesa, se realizó el diseño de mezcla con vidrio el cual sustituye en un 15%, 25% y 40% en peso de arena; el diseño del concreto se realizó en el laboratorio MTL Geotécnia, donde se determinó las propiedades físicas de los agregados, el tipo de asentamiento y densidad, contenido de aire; posteriormente luego de 7, 14 y 28 días de curado, se realizaron ensayos de obstrucción a compresión, tracción y flexión.

#### **Análisis de resultados**

Los instrumentos de medición permitieron la correcta evaluación, para analizar y comparar rigurosamente, los resultados de las muestras patrón y las muestra alteradas, de esta manera se pudo verificar las hipótesis planteadas.

### **3.7 Aspectos éticos**

Al realizar una investigación, se debe contar con la motivación e impulso de querer solucionar problemas, generar e incentivar a una mejora de la sociedad. El investigador realizará una investigación científica sí éste posee una formación académica, técnica y ética.

La presente investigación posee aspectos éticos y veraces, ya que ha sido validada por expertos, además la recaudación de información se realizó en base a normas internacionales, como el ISO 690 y el ISO 690-2, respetando la autenticidad de cada información, para ello se utilizó el programa Turnitin, que consiste en la prevención del plagio.

## **IV. RESULTADOS**

La presente investigación tuvo como lugar de estudio la ciudad de Lima, los ensayos se realizaron en el laboratorio MTL Geotécnia S.A.C., ciudad de Lima distrito San Martín de Porres.

Los diseños de las mezclas del concreto se realizaron en base al Método del ACI 211.1, para los cuales se realizaron análisis de las características y propiedades de los agregados, éstos elementos fueron adquiridos de la cantera Trapiche, localizada en el distrito de Carabayllo.

Para los diseños de la mezcla de concreto, se utilizaron vidrio reciclado, los cuales reemplazaron en 15%, 25% y 40% en peso de la arena gruesa; estos vidrios fueron obtenidos mediante reciclaje, los cuales fueron triturados en la Máquina de los Ángeles, para luego analizarlas físicamente.

### **4.1 Selección y trituración de botellas de vidrio**

Las botellas que se utilizaron fueron de envases de gaseosa, vino, cervezas, frugos, champagne, los cuales fueron reciclados y obtenidos luego del uso y consumo del producto que contenían.

Se realizó una limpieza profunda a las botellas, para evitar la contaminación con el concreto; la limpieza consistió en dejarla remojar durante 1 hora en una solución de agua con detergente y lejía, con el fin de limpiar el interior y de quitar las etiquetas, luego fueron cepilladas con una escobilla, y finalmente fueron enjuagadas en agua limpia y secadas con el aire del ambiente.

La trituración del vidrio fue realizada mediante la Máquina de los Ángeles en el laboratorio, lo cual consistió en introducir las botellas y triturarlas hasta obtener partículas similares a la arena gruesa, para éstos procesos se utilizaron equipos de protección personal como protectores auditivos, guantes, mascarillas, gafas.

**Figura 4. Tratamiento del vidrio**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5. Trituración del vidrio**



Fuente: Elaboración propia

#### **4.2 Metodología del diseño de Mezcla del concreto (ACI 211.1)**

El diseño de mezcla del concreto se realizó con el Método ACI 211.1, el cual es un método empírico que nos permite conocer la dosificación óptima y proporción de los elementos del concreto los cuales deben cumplir las condiciones de trabajabilidad y resistencia.

Para una dosificación adecuado del concreto se analizaron las propiedades físicas de los agregados, del vidrio y del cemento; por lo tanto, se requiere conocer lo siguiente:

- La granulometría de los agregados y del vidrio reciclado
- Modulo de fineza de los agregados
- Peso unitario suelto y compactado de los agregados
- Peso específico de agregados
- contenido de humedad y porcentaje de absorción de agregados y del vidrio.
- Peso específico y tipo de cemento a utilizar
- Resistencia de diseño a la compresión
- Asentamiento del concreto (slump)

### 4.3 Análisis de agregados y del vidrio reciclado

#### Agregado Fino

Material pasante del tamiz 3/8" y atrapadas en el tamiz N°200, la granulometría se realizó bajo los lineamientos indicados en la NTP 400.037, los cuales cumplieron con los requerimientos de la granulometría, ver tabla 1.

#### -Procedimiento

Se adquirieron los agregados de la cantera Trapiche, luego se realizó un muestro al agregado, bajo la norma NTP 400.010.

Para el tamizado se introdujo la muestra en el interior de un horno a temperatura constante de 110 °C ± 5°C por un periodo de 24 horas, cumplido el tiempo se le dejó enfriar la muestra.

La muestra fue colocada sobre el tamiz de 3/8" y debajo los demás tamices, luego se realizó la agitación manual durante 5 minutos.

Las partículas retenidas en cada tamiz, se vació en un recipiente para luego ser pesadas y poder armar la tabla de granulometría.

#### -Granulometría de los elementos

La granulometría de la arena, piedra y del vidrio se realizó en base a los parámetros establecidos por la NTP 400.012 y la ASTM C 33.

**Tabla 2.** *Granulometría del agregado fino*

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	ASTM C 33
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>100</b>
Nº4	4.76	12.5	2.0	2.0	98.0	<b>95 - 100</b>
Nº8	2.38	110.8	17.6	19.6	80.4	<b>80 - 100</b>
Nº 16	1.19	129.5	20.6	40.2	59.8	<b>50 - 85</b>
Nº 30	0.60	133.2	21.2	61.4	38.6	<b>25 - 60</b>
Nº 50	0.30	87.2	13.9	75.3	24.7	<b>05 - 30</b>
Nº 100	0.15	86.2	13.7	89.0	11.0	<b>0 - 10</b>
FONDO		68.8	11.0	100.0	0.0	<b>0 - 0</b>

Fuente: Elaboración propia

#### Determinación del Módulo de fineza

El Modulo de fineza se determinó con la siguiente ecuación

$$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acumulado} (3'' + 1\ 1/2'' + 3/4'' + 3/8'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

Reemplazamos en la ecuación los datos obtenidos:

$$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acumulado} (2 + 19.6 + 40.2 + 61.4 + 75.3 + 89)}{100} = 2.88$$

**Tabla 3. Granulometría del agregado grueso**

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	HUSO # 67
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	<b>100</b>
3/4"	19.05	152.2	3.6	3.6	96.4	<b>90 - 100</b>
1/2"	12.50	1,869.0	43.8	47.4	52.6	---
3/8"	9.53	1,267.0	29.7	77.1	22.9	<b>20 - 55</b>
Nº 4	4.76	968.0	22.7	99.8	0.2	<b>0 - 10</b>
Nº 8	2.38	7.0	0.2	100.0	0.0	<b>0 - 5</b>
Nº 16	1.18	0.0	0.0	100.0	0.0	
FONDO		3.2	0.1			

Fuente: Elaboración propia

$$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acumulado} (3.6 + 77.1 + 99.8 + 100 + 100 + 300)}{100} = 6.81$$

**Tabla 4. Granulometría del vidrio reciclado**

MALLAS	ABERTURA	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES
	(mm)	(g)	(%)	Retenido	Pasa	ASTM C 33
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>100</b>
Nº4	4.76	4.9	1.3	1.3	98.7	<b>95 - 100</b>
Nº8	2.38	51.4	13.8	15.1	84.9	<b>80 - 100</b>
Nº 16	1.19	128.5	34.4	49.5	50.5	<b>50 - 85</b>
Nº 30	0.60	97.7	26.1	75.6	24.4	<b>25 - 60</b>
Nº 50	0.30	28.3	7.6	83.2	16.8	<b>05 - 30</b>
Nº 100	0.15	34.9	9.3	92.5	7.5	<b>0 - 10</b>
FONDO		28.0	7.5	100.0	0.0	<b>0 - 0</b>

Fuente: Elaboración propia

$$MF = \frac{\% \text{ Ret. Acumulado} (0.00 + 1.3 + 15.1 + 49.5 + 75.6 + 83.2 + 92.5)}{100} = 3.17$$

## - Peso unitario suelto y compactado de los agregados

El Peso unitario suelto y compactado se determinó con la siguiente ecuación

$$P.U.S = \frac{\text{Peso del agregado suelto}}{\text{Volumen del recipiente}}$$

Para determinar el peso unitario suelto de los agregados se siguió en el siguiente procedimiento:

Luego de haber sido secada la muestra en el horno, se realizó el ensayo; se calculó el peso y el volumen del recipiente cilíndrico de metal para el ensayo, luego se rellenó el recipiente con el agregado con una cuchara metálica, finalmente se pesa el recipiente con el agregado. Para calcular el peso de la muestra que entró en el recipiente, se le restó el peso del recipiente.

Para determinar el peso unitario compactado de los agregados se siguió en el siguiente procedimiento:

Luego de haber sido secada la muestra en el horno, se realizó el ensayo; se calculó el peso y el volumen del recipiente cilíndrico de metal para el ensayo, luego se rellenó en 3 capas, cada capa a 1/3 del recipiente y 25 varilladas para disminuir los vacíos entre los agregados, luego se nivela la última capa con una varilla lisa, finalmente se realiza el pesado del recipiente contenida con agregado.

Los ensayos de Peso unitario suelto y compactado para el agregado fino, grueso y del vidrio se realizó en base a los lineamientos recomendados por la NTP 400.017 y ASTM C 29.

**Tabla 5. Ensayo de peso unitario suelto de la arena**

PESO UNITARIO SUELTO					
MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6492	6481	6477
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4129	4118	4114
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.496	1.492	1.491
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>		g/cc	<b>1.493</b>		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 6. Ensayo de peso unitario compactado de la arena**

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	7314	7286	7328
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4951	4923	4965
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.794	1.784	1.799
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>			g/cc	<b>1.792</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7. Ensayo de peso unitario suelto de la piedra**

<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>					
MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	30671	30649	30698
2	Peso del Molde	g	9800	9800	9800
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	20871	20849	20898
4	Volumen del Molde	cc	13950	13950	13950
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.496	1.495	1.498
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>			g/cc	<b>1.496</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8. Ensayo de peso unitario compactado de la piedra**

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	32429	32458	32445
2	Peso del Molde	g	9800	9800	9800
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	22629	22658	22645
4	Volumen del Molde	cc	13950	13950	13950
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.622	1.624	1.623
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>			g/cc	<b>1.623</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9. Ensayo de peso unitario suelto del vidrio triturado**

<b>PESO UNITARIO SUELTO</b>					
MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	5988	5968	5985
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	3625	3605	3622
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.313	1.306	1.312
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>		g/cc	<b>1.311</b>		

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10. Ensayo de peso unitario compactado del vidrio triturado**

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>					
MUESTRA N°			M - 1	M - 2	M - 3
1	Peso de la Muestra + Molde	g	6421	6406	6415
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4058	4043	4052
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.470	1.465	1.468
<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>		g/cc	<b>1.468</b>		

Fuente: Elaboración propia

**- Peso específico y absorción de los agregados**

Los ensayos de peso específico y absorción para el agregado fino fueron realizados bajo los parámetros contemplados en la NTP 400.022 y la ASTM C 128; para el agregado grueso fueron realizadas bajo los parámetros establecidos en la NTP 400.021 y la ASTM C 127.

**Tabla 11. Ensayo específico y absorción del agregado fino**

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b>					
MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	981.3	980.8	981.1
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón	g	671.1	670.5	670.8
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	310.2	310.3	310.3
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balón	g/cc	665.5	664.5	665.00
5	Peso del Balón N° 2	g/cc	171.1	170.5	<b>170.80</b>
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	494.4	494	494.20
7	Volumen del Balón (V = 500)	cc	497.3	497.9	<b>497.6</b>
<b>PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))</b>		g/cc	<b>2.64</b>	<b>2.63</b>	<b>2.64</b>
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))		g/cc	2.67	2.67	2.67
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-(500-A)])		g/cc	2.72	2.72	2.72
<b>PORCENTAJE DE ABSORCION (%) [(500-A)/A*100]</b>		%	<b>1.1</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12. Ensayo específico y absorción del agregado grueso**

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b>					
MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Muestra Sumergida Canastilla <b>A</b>	g	1577.0	1564.0	1570.5
2	Peso muestra Sat. Sup. Seca <b>B</b>	g	2511.0	2485.0	2498.0
3	Peso muestra Seco <b>C</b>	g	2486.0	2458.0	2472.0
4	Peso específico Sat. Sup. Seca = B/B-A	g/cc	2.69	2.70	2.69
5	Peso específico de masa = C/B-A	g/cc	2.66	2.67	<b>2.67</b>
6	Peso específico aparente = C/C-A	g/cc	2.73	2.75	2.74
7	Absorción de agua = ((B - C)/C)*100	%	1.0	1.1	<b>1.1</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13. Ensayo específico y absorción del vidrio triturado**

<b>PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b>					
MUESTRA N°			M - 1	M - 2	PROMEDIO
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón + Peso de Agua	g	893.6	867.2	880.4
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balón	g	543.8	500.4	522.1
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	349.8	366.7	358.2
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balón	g/cc	543.5	500.1	521.80
5	Peso del Balón N° 2	g/cc	171	170.5	<b>170.75</b>
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	372.5	329.6	351.05
7	Volumen del Balón (V = 500)	cc	498.0	497.8	<b>497.9</b>
<b>PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))</b>		g/cc	<b>2.51</b>	<b>2.51</b>	<b>2.51</b>
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))		g/cc	2.52	2.52	2.52
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-(500-A)])		g/cc	2.52	2.52	2.52
<b>PORCENTAJE DE ABSORCION (%) [(500-A)/A*100]</b>		%	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>	<b>0.1</b>

Fuente: Elaboración propia

### -Contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad de los agregados se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Cont Humedad} = \frac{\text{Muestra húmeda} - \text{Muestra seca}}{\text{Muestra seca}} * 100$$

Se utilizó el material en estado natural para ser pesado en un recipiente, inmediatamente se la introdujo al interior de un horno durante 24 horas, luego se la dejó enfriar para ser pesada y de esta manera determinar cuánto de humedad tuvo en su estado natural.

**Tabla 14. Resumen de los ensayos de los agregados**

<b>PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS</b>			
PROPIEDADES FÍSICAS	AGREGADO FINO	AGREGADO GRUESO	VIDRIO TRITURADO
MÓDULO DE FINEZA	2.88	6.81	3.17
PESO UNITARIO SUELTO (KG/M3)	1493.00	1496.00	1311.00
PESO UNITARIO COMPACTADO (KG/M3)	1792.00	1623.00	1468.00
PESO ESPECÍFICO (G/CM3)	2.64	2.67	2.51
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.90	0.10	0.1
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%)	1.2	1.1	0.1
TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL		3/4"	

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Diseño de mezcla del concreto

Propiedades físicas de los agregados ver (tabla14).

Propiedades físicas del cemento

-Cemento: Sol tipo I

- Peso específico: 3.11 gr/cm<sup>3</sup>

- Peso unitario suelto: 1500 kg/m<sup>3</sup>

Para ésta investigación se utilizó un  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>

**Paso N°1:** Determinar la resistencia promedio requerida a la compresión.

Resistencia promedio requerida cuando no hay datos disponibles para establecer una desviación estándar de la muestra.

Resistencia promedio a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio requerida a la compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
$f'c < 210$	$f'cr = f'c + 70$
$210 \leq f'c \leq 350$	$f'cr = f'c + 84$
$f'c > 350$	$f'cr = f'c + 98$
$f'cr = f'c + 84$	
$f'cr = 294$	kg/cm <sup>2</sup>

**Paso N°2:** Determinar el asentamiento.

Asentamiento recomendado según consistencia

Consistencia	Asentamiento
Seca	0" a 2"
Plástica	3" a 4"
Fluida	$\geq$ a 5"

El asentamiento a utilizar es:	3" a 4"
--------------------------------	---------

**Paso N°3:** Cálculo del agua de mezclado y del contenido de aire.

Asentamiento	Agua en L/m <sup>3</sup> , para los tamaños máx. nominal de agregado grueso y condiciones indicados							
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	6"
Concreto sin aire incorporado								
1" a 2"	207	199	190	179	166	154	130	113
3" a 4"	228	216	205	193	181	169	145	124
6" a 7"	243	228	216	202	190	178	160	...
Concreto con aire incorporado								
1" a 2"	181	175	168	160	150	142	122	107
3" a 4"	202	193	184	175	165	157	133	119
6" a 7"	216	205	197	184	174	166	154	...

De la tabla se obtiene : Agua= 205 l/m<sup>3</sup>

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Aire atrapado
3/8"	3.00%
1/2"	2.50%
3/4"	2.00%
1"	1.50%
1 1/2"	1.00%
2"	0.50%
3"	0.30%
6"	0.20%

De la tabla se obtiene : Aire= 2.00%

**Paso N°4:** Relación agua-cemento (R a/c).

F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Relación agua/cemento en peso	
	Concreto sin aire incorporado	Concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.40
400	0.43	...
450	0.38	...

Se interpola para el valor requerido

f'cr =	250	→	0.62	⤵
	294	→	X	
	300	→	0.55	
	X	=	0.56	

Relación:	R a/c=	0.56
-----------	--------	------

Paso N°5: Cálculo del cemento.

$$R a/c = \frac{\text{Cantidad de agua (l/m}^3\text{)}}{\text{Cantidad de cemento (kg/m}^3\text{)}}$$

Agua= 205 l/m<sup>3</sup>  
 Relación: R a/c= 0.56

$$\text{Cantidad de cemento} = \frac{\text{Cantidad de agua} \left(\frac{l}{m^3}\right)}{R a/c}$$

Cantidad de cemento =	366.07	kg/m <sup>3</sup>
-----------------------	--------	-------------------

Paso N°6: Determinar la cantidad de agregado grueso (piedra).

Tamaño máximo nominal del agregado grueso	Volumen de agregado grueso, seco y compactado por unidad de volumen del concreto para diversos módulos de fineza del fino (b/bo)			
	2.4	2.6	2.8	3
3/8"	0.50	0.48	0.46	0.44
1/2"	0.59	0.57	0.55	0.53
3/4"	0.66	0.64	0.62	0.60
1"	0.71	0.69	0.67	0.65
1 1/2"	0.76	0.74	0.72	0.70
2"	0.78	0.76	0.74	0.72
3"	0.81	0.79	0.77	0.75
6"	0.87	0.85	0.83	0.81

Módulo de fineza Arena : 2.88  
 Tamaño máximo nominal 3/4"

Se interpola para el valor requerido

	2.80	0.62
Arena :	2.88	X
	3.00	0.60

$$X = 0.612$$

$$\text{Cantidad de Agr. grueso} = \left(\frac{b}{bo}\right) * \text{Peso unitario compactado}$$

Cantidad de Agr. Grueso =	993.28	kg/m <sup>3</sup>
---------------------------	--------	-------------------

Paso N°7: Determinar la cantidad de agregado fino (arena).

$$\text{Volumen absoluto} = \frac{\text{Peso seco}}{P.E. \times 1000}$$

Cemento	=	0.117707	m3
Agr. Grueso	=	0.372015	m3
Agua	=	0.205	m3
Aire	=	0.02	m3
$\Sigma$	=	0.7147	m3

Volumen absoluto del Agr. Fino= 0.2853 m3

Peso seco del Agr. Fino=	753.19	kg/m3
--------------------------	--------	-------

Peso seco de los materiales

Cemento	=	366.07	kg/m3
Agr. Fino	=	753.19	kg/m3
Agr. Grueso	=	993.28	kg/m3
Agua	=	205	kg/m3

Paso N°8: Corrección por humedad.

*Peso agregado húmedo = peso agregado seco x (1 + cont humedad agregado%)*

Agr. Fino	=	759.97	kg/m3
Agr. Grueso	=	994.27	kg/m3

Paso N°9: Corrección por absorción.

*Aporte de humedad de Ag. = Peso agregado seco X (%Cont. humedad – %absorción)*

Agr. Fino	=	-2.25957	kg/m3
Agr. Grueso	=	-9.9328	kg/m3
$\Sigma$	=	-12.19	kg/m3

Agua libre

Paso N°10: Agua efectiva.

Agua	=	217.19	L/m3
------	---	--------	------

Agua efectiva

Paso N°11: Diseño teórico húmedo.

$$R a/c = \frac{\text{Cantidad de agua (l/m3)}}{\text{Cantidad de cemento } \left(\frac{kg}{m3}\right)}$$

Relación: R a/c= 0.56

Despejando Cant. de cemento

Cemento	=	387.84	kg/m3
---------	---	--------	-------

Diseño efectivo de laboratorio

Cemento	=	387.84	kg/m3
Ag. Fino	=	759.97	kg/m3
Ag. Grueso	=	994.27	kg/m3
Agua	=	<u>217.19</u>	kg/m3
Peso unitario	=	2359.27	kg/m3

Paso N°12: Proporción en peso del concreto patrón.

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua
<u>387.84</u>	<u>759.97</u>	<u>994.27</u>	<u>217.19</u>
387.84	387.84	387.84	387.84

1	:	1.96	:	2.56	:	0.56
---	---	------	---	------	---	------

Paso N°13: Proporción en volumen del concreto patrón.

*Proporción Peso X 42.5 X 35.31*  
*Peso unitario suelto*

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Agua			
1	:	1.97	:	2.57	:	23.8

Paso N°14: Proporción en peso del concreto con 15% de vidrio.

Para mezcla con	15% DE VIDRIO
Peso del vidrio =	759.97 x 15%
Peso del vidrio =	114
Peso de Agr. Fino=	645.97

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Vidrio	Agua
<u>387.84</u>	<u>645.97</u>	<u>994.27</u>	<u>114</u>	<u>217.19</u>
387.84	387.84	387.84	387.84	387.84

1	:	1.67	:	2.56	:	0.29	:	0.56
---	---	------	---	------	---	------	---	------

Paso N°15: Proporción en volumen con 15% de vidrio.

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Vidrio	Agua				
1	:	1.68	:	2.57	:	0.33	:	23.8

Paso N°16: Proporción en peso del concreto con 25% de vidrio.

Para mezcla con 25% DE VIDRIO  
 Peso del vidrio = 759.97 x 25%  
 Peso del vidrio = 189.99  
 Peso de Agr. Fino= 569.98

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Vidrio	Agua
387.84	569.98	994.27	189.99	217.19
387.84	387.84	387.84	387.84	387.84

1	:	1.47	:	2.56	:	0.49	:	0.56
---	---	------	---	------	---	------	---	------

Paso N°17: Proporción en volumen con 25% de vidrio.

Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Vidrio	Agua				
1	:	1.48	:	2.57	:	0.56	:	23.8

Paso N°18: Proporción en peso del concreto con 40% de vidrio.

Para mezcla con 40% DE VIDRIO  
 Peso del vidrio = 759.97 x 40%  
 Peso del vidrio = 303.99  
 Peso de Agr. Fino= 455.98

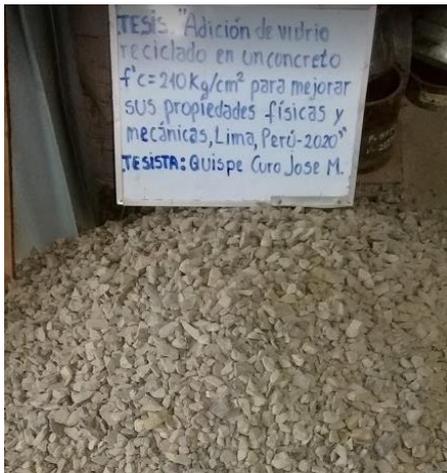
Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Vidrio	Agua
387.84	455.98	994.27	303.99	217.19
387.84	387.84	387.84	387.84	387.84

1	:	1.18	:	2.56	:	0.78	:	0.56
---	---	------	---	------	---	------	---	------

Paso N°19: Proporción en volumen con 40% de vidrio.

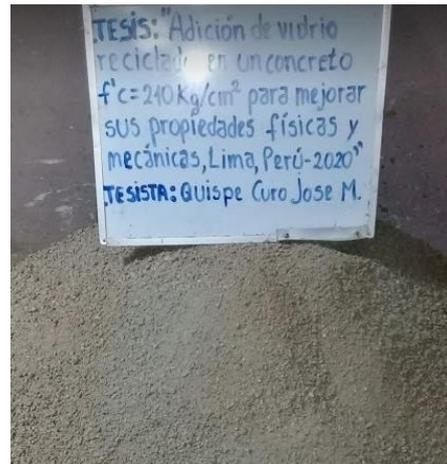
Cemento	Ag. Fino	Ag. Grueso	Vidrio	Agua				
1	:	1.19	:	2.57	:	0.89	:	23.8

**Figura 6. Piedra chancada**



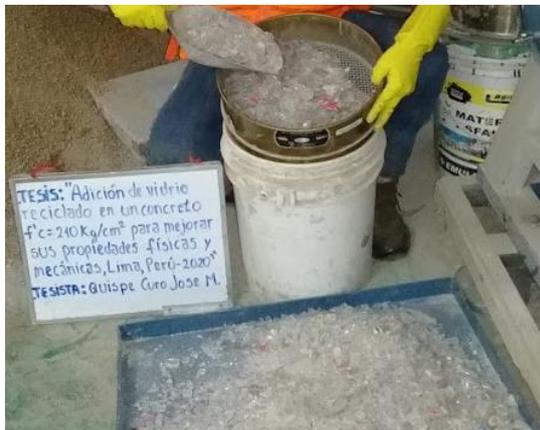
Fuente: Elaboración propia

**Figura 7. Arena gruesa**



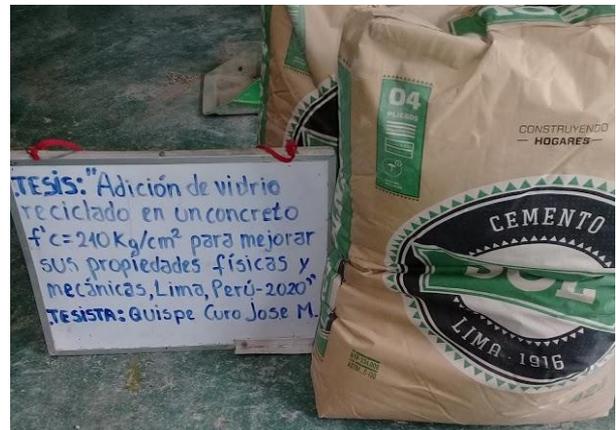
Fuente: Elaboración propia

**Figura 8. Vidrio triturado**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 9. Cemento Sol Tipo I**



Fuente: Elaboración propia

El uso de las tablas del ACI 211.1 permitió determinar la proporción en peso de los elementos de la mezcla del concreto, el resultado fue un concreto pedregoso, afectando la trabajabilidad, por lo que se realizaron ajustes en la dosificación, finalmente después de varias combinaciones con los agregados y el cemento, se llegó a concluir que con el 52.05% de piedra y 47.95% de arena se logra una mayor resistencia y una trabajabilidad adecuada para losas aligeradas.

En las siguientes tablas se muestran los diseños finales de las mezclas del concreto con 0%, 15%, 25% y 40% de vidrio triturado.

**Tabla 15.** *Diseño final para 1m3 de concreto patrón*

Materiales	Diseño para 1 m3	
	Cantidad	Unidad
Cemento	355	kg/m3
Ag. Fino	820	kg/m3
Ag. Grueso	890	kg/m3
Agua	236	l/m3
Peso unitario	2302	kg/m3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16.** *Diseño final para 1m3 de concreto con 15% de vidrio triturado*

Materiales	Diseño para 1 m3	
	Cantidad	Unidad
Cemento	355	kg/m3
Ag. Fino	697	kg/m3
Ag. Grueso	890	kg/m3
Vidrio	116	kg/m3
Agua	236	l/m3
Peso unitario	2294	kg/m3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17.** *Diseño final para 1m3 de concreto con 25% de vidrio triturado*

Materiales	Diseño para 1 m3	
	Cantidad	Unidad
Cemento	355	kg/m3
Ag. Fino	615	kg/m3
Ag. Grueso	890	kg/m3
Vidrio	193	kg/m3
Agua	236	l/m3
Peso unitario	2289	kg/m3

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 18.** *Diseño final para 1m3 de concreto con 40% de vidrio triturado*

Materiales	Diseño para 1 m3	
	Cantidad	Unidad
Cemento	355	kg/m3
Ag. Fino	492	kg/m3
Ag. Grueso	890	kg/m3
Vidrio	309	kg/m3
Agua	236	l/m3
Peso unitario	2282	kg/m3

Fuente: Elaboración propia

#### 4.8 Elaboración de Probetas Cilíndricas de (4 x 8 pulg.)

En la preparación de especímenes cilíndricas se utilizaron moldes de dimensiones de 4 pulg. de diámetro, 8 pulg. de altura, bajo la NTP 339.183, donde indica que el molde a utilizarse debe ser un material no absorbente, los cuales fueron recubiertos con petróleo para su desencofrado luego de la fragua; la colocación de concreto en el molde fue en 2 capas de igual proporción, cada capa fue varilla con 25 golpes en forma de espiral, en la última capa se pulió con la plancha de pulir, finalmente se la dejó en reposo por 24 horas para luego colocarla en la poza de curado.

#### 4.9 Elaboración de Vigas prismáticas de (6 x 6 x 20 pulg.)

En la elaboración de vigas prismáticas se utilizaron moldes metálicos de dimensiones de 6 pulg. x 6 pulg. de sección transversal y 20 pulg de longitud. bajo la NTP 339.183, donde indica que el molde a utilizarse debe ser un material no absorbente, los cuales fueron recubiertos con petróleo para su desencofrado luego de la fragua, la colocación de concreto en el molde fue en 2 capas de igual proporción, cada capa fue varilla con 25 golpes en forma de espiral, en la última capa se pulió con la plancha de pulir, finalmente se la dejó en reposo por 24 horas para luego colocarla en la poza de curado.

**Figura 10.** *Elaboración de especímenes*      **Figura 11.** *Curado de especímenes*



Fuente: Elaboración propia



Fuente: Elaboración propia

#### 4.10 Resultados del concreto es estado fresco

##### -Medición del asentamiento del concreto (slump)

La medición del asentamiento se realizó a través del Cono de Abrams, en base a los parámetros establecidos por la NTP 339.035.

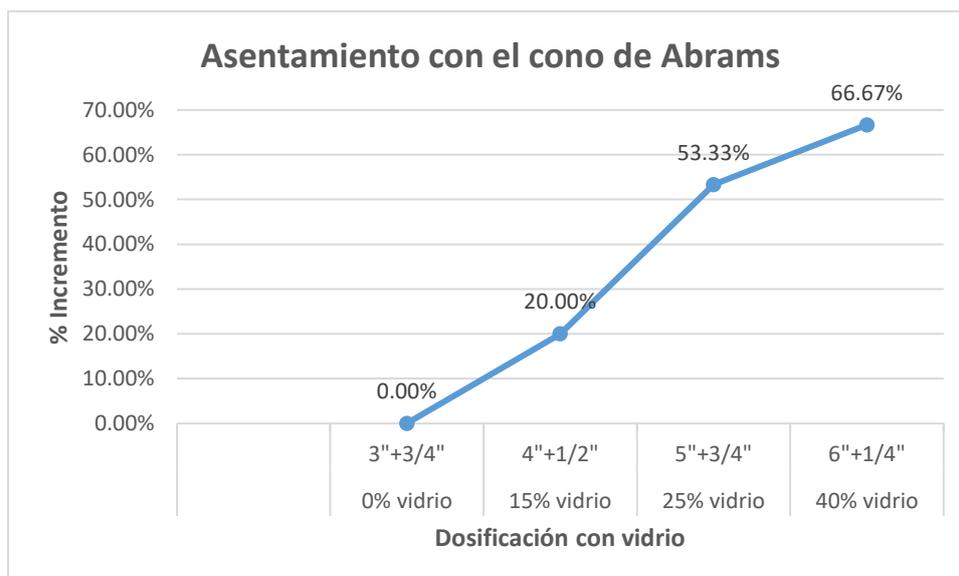
Una vez realizada los diseños de los concretos, se utilizaron herramientas húmedas y superficialmente secas, donde el molde fue colocada sobre una superficie metálica no absorbente, para luego introducir concreto en 3 capas de igual volumen, cada capa compactada con 25 varilladas en forma de espiral, la capa superior fue enrasada usando la varilla compactadora, finalmente se levantó el cono de forma vertical para medir el contraste entre la altura del cono metálico con la altura del concreto en condición fresca. Éste procedimiento se realizó para el concreto patrón y para los concretos con 15%, 25% y 40% de vidrio fraccionado.

**Tabla 19.** Asentamiento del concreto fresco

Dosificación con vidrio	SLUMP (pulgadas)	% Incremento	Consistencia
0% vidrio	3"+3/4"	0.00%	Plástica
15% vidrio	4"+1/2"	20.00%	Plástica
25% vidrio	5"+3/4"	53.33%	Fluida
40% vidrio	6"+1/4"	66.67%	Fluida

Fuente: Elaboración propia

**Figura 12.** Ensayo de asentamiento



Fuente: Elaboración propia

**Figura 13. Medición del asentamiento**



Fuente: Elaboración propia

### **-Determinación del peso unitario y rendimiento del concreto fresco**

La determinación del peso unitario y rendimiento del concreto fresco se realizó en base a los parámetros establecidos por la NTP 339.046.

Luego de realizar los diseños de los concretos, se utilizaron herramientas húmedas y limpias, se procedió a determinar el peso y volumen del recipiente cilíndrico de acero, luego se introdujo el concreto fresco en 3 capas de igual volumen, cada capa compactada con 25 varilladas en forma de espiral, la capa superior fue enrasada usando una plancha de pulir, finalmente se pesó el recipiente más el concreto en una balanza electrónica. Éste procedimiento se realizó para el concreto patrón y para los concretos con 15%, 25% y 40% de vidrio fraccionado.

Para determinar el peso unitario y el rendimiento se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Peso unitario} = \frac{\text{Peso del recipiente con concreto} - \text{Peso del recipiente}}{\text{Volumen del recipiente}}; \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$$

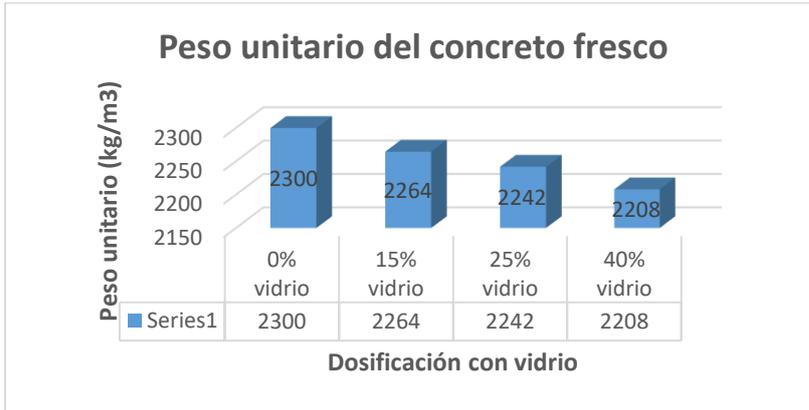
$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso unitario de diseño}}{\text{Peso unitario real del concreto}}$$

**Tabla 20. Peso unitario del concreto fresco**

Descripción	0% vidrio	15% vidrio	25% vidrio	40% vidrio
Peso del recipiente (kg)	3.4353	3.4353	3.4353	3.4353
peso del recipiente+concreto (kg)	19.727	19.476	19.316	19.076
volumen del recipiente (m3)	0.007084	0.007084	0.007084	0.007084
peso del concreto (kg)	16.2917	16.0407	15.8807	15.6407
<b>peso unitario (kg/m3)</b>	<b>2300</b>	<b>2264</b>	<b>2242</b>	<b>2208</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 14. Variación del peso unitario del concreto fresco**



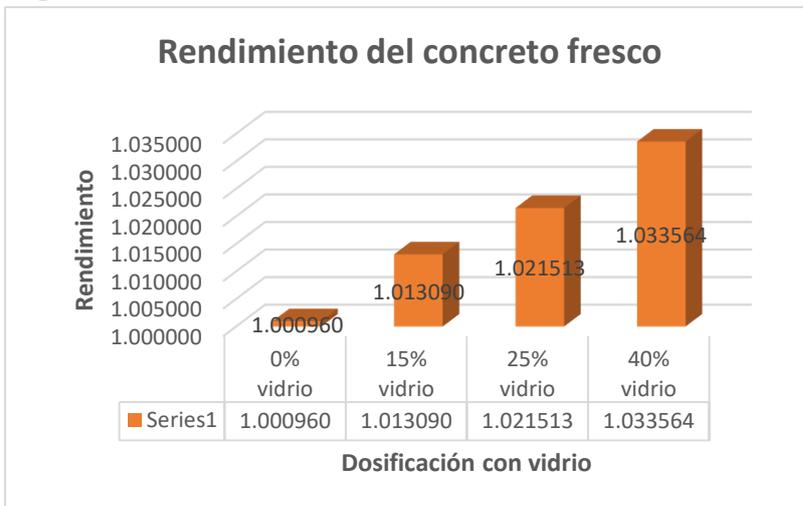
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21. Rendimiento del concreto fresco**

Peso unitario	Dosificación			
	0% vidrio	15% vidrio	25% vidrio	40% vidrio
Peso unitario de diseño	2302	2294	2290	2282
Peso unitario real del concreto	2299.79	2264.36	2241.77	2207.89
<b>Rendimiento</b>	<b>1.000960</b>	<b>1.013090</b>	<b>1.021513</b>	<b>1.033564</b>

Fuente: Elaboración propia

**Figura 15. Rendimiento del concreto fresco**



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 22.** Corrección por rendimiento para 1m<sup>3</sup> de concreto patrón

Materiales	Diseño para 1 m <sup>3</sup>		
	Cantidad	Corrección	Reducción (kg)
Cemento	355	354.659419	0.340580757
Ag. Fino	820	819.213306	0.78669358
Ag. Grueso	890	889.14615	0.853850349
Agua	236	235.773586	0.22641425
Peso unitario	2301	2298.79246	2.207538936

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 23.** Corrección por rendimiento para 1m<sup>3</sup> de concreto con 15% de vidrio

Materiales	Diseño para 1 m <sup>3</sup>		
	Cantidad	Corrección	Reducción (kg)
Cemento	355	350.413086	4.586913787
Ag. Fino	697	687.994144	9.005856082
Ag. Grueso	890	878.500413	11.49958668
Vidrio	116	114.501177	1.498822533
Agua	236	232.950671	26.59117908
Peso unitario	2294	2264.35949	53.18235816

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 24.** Corrección por rendimiento para 1m<sup>3</sup> de concreto con 25% de vidrio

Materiales	Diseño para 1 m <sup>3</sup>		
	Cantidad	Corrección	Reducción (kg)
Cemento	355	347.523816	7.476183595
Ag. Fino	615	602.048302	12.95169834
Ag. Grueso	890	871.256892	18.74310817
Vidrio	193	188.935483	4.064516715
Agua	236	231.029917	43.23550682
Peso unitario	2289	2240.79441	86.47101364

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 25.** Corrección por rendimiento para 1m<sup>3</sup> de concreto con 40% de vidrio

Materiales	Diseño para 1 m <sup>3</sup>		
	Cantidad	Corrección	Reducción (kg)
Cemento	355	343.4717	11.52830006
Ag. Fino	492	476.02275	15.97724966
Ag. Grueso	890	861.098065	28.90193537
Vidrio	309	298.965508	10.03449217
Agua	236	228.336116	66.44197726
Peso unitario	2282	2207.89414	132.8839545

Fuente: Elaboración propia

### **-Evaluación del contenido de aire**

La evaluación del contenido de aire del concreto en condición fresca, se realizó bajo los lineamientos de la NTP 339.083 y la ASTM C 231.

Luego de realizar los diseños de los concretos, se utilizaron herramientas húmedas y limpias para el ensayo, el equipo principal a utilizarse fue La olla de whashington, se colocó el concreto fresco en 3 niveles de igual volumen, cada nivel compactada con 25 varilladas en forma de espiral, la capa superior fue enrasada usando una plancha de pulir, se limpió el borde del recipiente, luego se colocó el medidor de aire conectada con el manómetro en la parte superior del recipiente, se ingresó agua por una de las llaves de purga hasta que salga el agua por la otra llave de purga, luego se bombeó aire al recipiente hasta que el manómetro descienda a cero, finalmente se abre la válvula principal de aire, y se tomó la medida que el manómetro marcó.

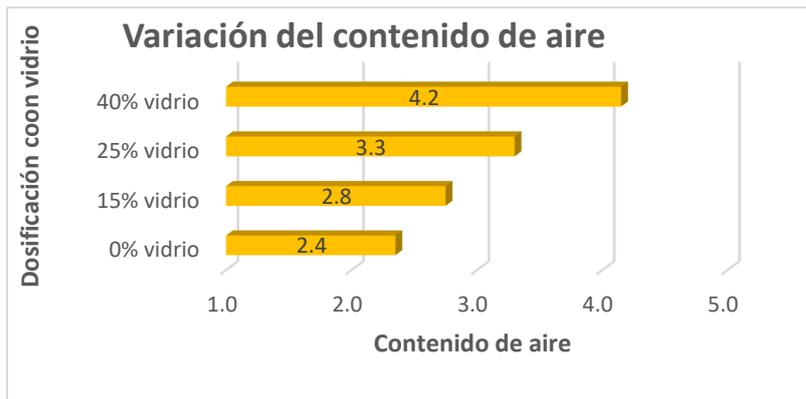
Este procedimiento se realizó para el concreto patrón, para el concreto con 15%, 25% y 40% de vidrio triturado.

**Tabla 26.** *Contenido de aire*

<b>Dosificación con vidrio</b>	<b>Contenido de aire %</b>	<b>Promedio (%)</b>
0% vidrio	2.4	2.4
	2.3	
15% vidrio	2.8	2.8
	2.7	
25% vidrio	3.4	3.3
	3.2	
40% vidrio	4.1	4.2
	4.2	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 16.** Variación del contenido de aire



Fuente: Elaboración propia

**Figura 17.** Lectura de contenido de aire



Fuente: Elaboración propia

**Figura 18.** Olla de washintong



Fuente: Elaboración propia

#### 4.11 Resultados del concreto es estado endurecido

##### -Resistencia a compresión

La evaluación de la calidad ante la compresión fue realizado en base a lineamientos propuestos en la NTP 339.034 y la ASTM C 39, las evaluaciones de las resistencias fueron a especímenes cilíndricas de 4pulgadas de diámetro con 8pulgadas de altura, a 7, 14 y 28 días de curado.

Para éste ensayo se utilizó la máquina de compresión hidráulica debidamente calibrada; luego de curado las probetas se midió su diámetro y su altura, luego se colocó en la parte central de la máquina de compresión, seguidamente se aplicaron

las cargas a una velocidad constante y uniforme, finalmente luego de la rotura de la probeta se tomó nota de la carga máxima que produjo la rotura.

la determinación de la resistencia a compresión se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Resistencia a Compresión} = \frac{\text{Carga máxima}}{\text{Área de la sección de la probeta}}; (\text{kgf/cm}^2)$$

### Resistencia a compresión a los 7, 14 y 28 días de edad

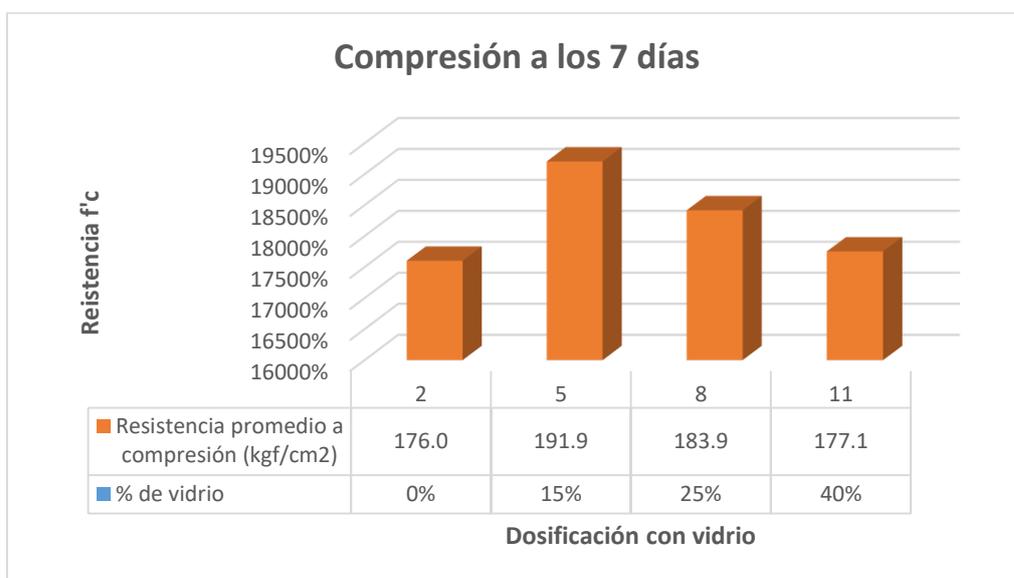
La obstrucción a la compresión del concreto patrón y de los concretos con vidrio triturado, fue calculada del promedio de las resistencias de 3 probetas de la misma dosificación.

**Tabla 27.** Compresión a 7 días

N° Probeta	% de vidrio	Edad en días	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
01	0%	7	78.54	13,818	175.9	176.0
02		7	78.54	13,830	176.1	
03		7	78.54	13,822	176.0	
04	15%	7	78.54	15,077	192.0	191.9
05		7	78.54	15,062	191.8	
06		7	78.54	15,066	191.8	
07	25%	7	78.54	14,541	185.1	183.9
08		7	80.12	14,528	181.3	
09		7	78.54	14,546	185.2	
10	40%	7	78.54	14,083	179.3	177.1
11		7	80.12	14,096	175.9	
12		7	80.12	14,101	176.0	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 19. Compresión a los 7 días**



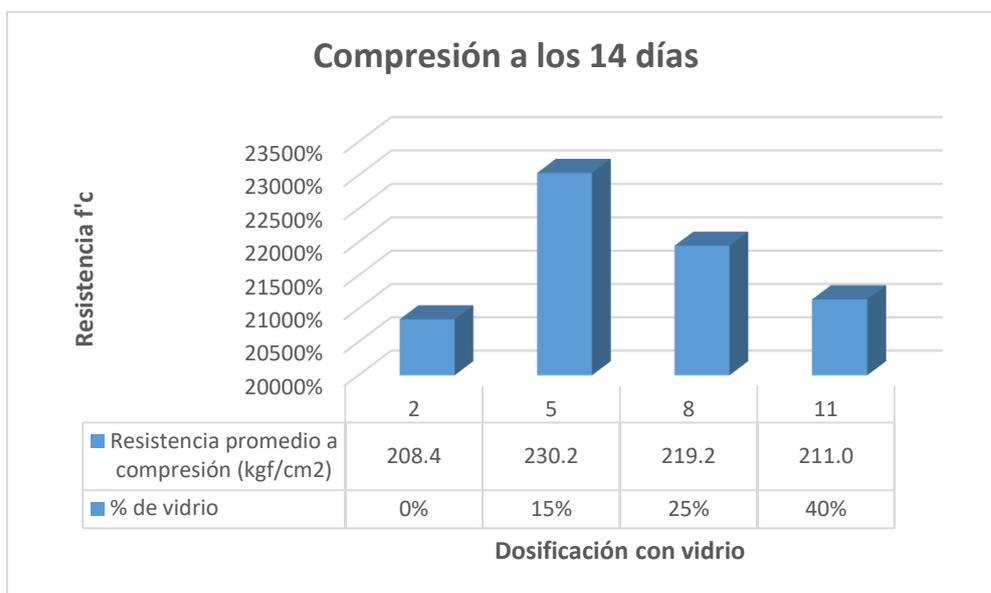
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 28. Compresión a 14 días**

N° Probeta	% de vidrio	Edad en días	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
13	0%	14	78.54	16,582	211.1	208.4
14		14	80.12	16,596	207.1	
15		14	80.12	16,587	207.0	
16	15%	14	78.54	18,092	230.4	230.2
17		14	78.54	18,074	230.1	
18		14	78.54	18,079	230.2	
19	25%	14	80.12	17,450	217.8	219.2
20		14	80.12	17,433	217.6	
21		14	78.54	17,455	222.2	
22	40%	14	78.54	16,583	211.1	211.0
23		14	78.54	16,576	211.1	
24		14	78.54	16,566	210.9	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 20. Compresión a 14 días**



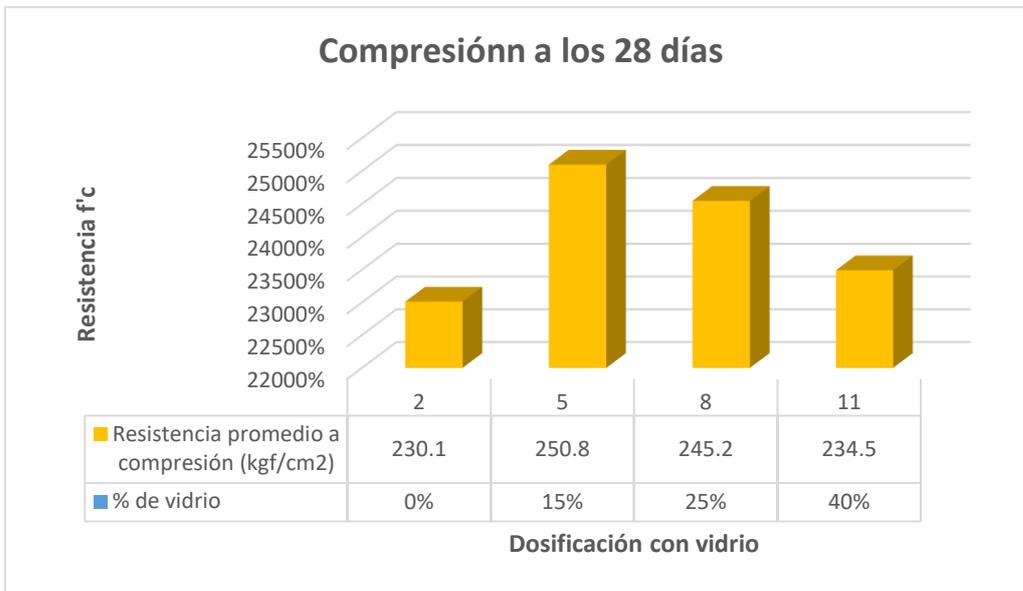
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 29. Compresión a 28 días**

N° Probeta	% de vidrio	Edad en días	Área de sección (cm <sup>2</sup> )	Carga máxima (kg.f)	Resistencia a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio a compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )
25	0%	28	80.12	18,425	230.0	230.1
26		28	80.12	18,441	230.2	
27		28	80.12	18,430	230.0	
28	15%	28	80.12	20,103	250.9	250.8
29		28	80.12	20,083	250.7	
30		28	80.12	20,088	250.7	
31	25%	28	80.12	19,389	242.0	245.2
32		28	78.54	19,371	246.6	
33		28	78.54	19,395	246.9	
34	40%	28	78.54	18,426	234.6	234.5
35		28	78.54	18,418	234.5	
36		28	78.54	18,407	234.4	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 21. Compresión a 28 días**



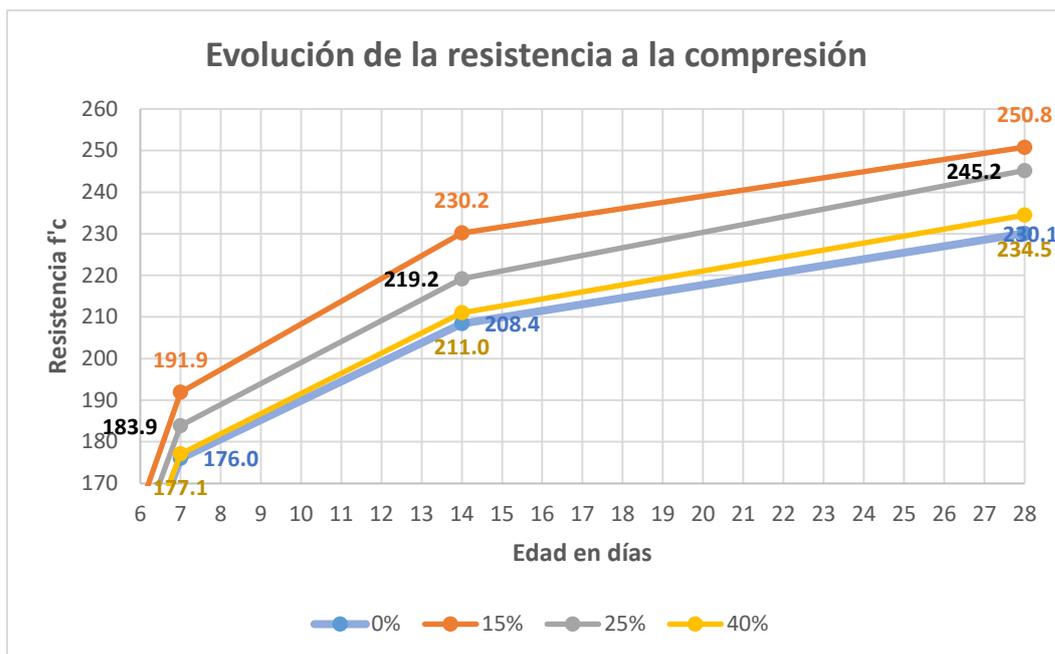
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 30. Evolución de la resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días**

Dosificación con vidrio	Resistencia a la compresión (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	0 días	7 días	14 días	28 días
0%	0	176.0	208.4	230.1
15%	0	191.9	230.2	250.8
25%	0	183.9	219.2	245.2
40%	0	177.1	211.0	234.5

Fuente: Elaboración propia

**Figura 22. Evolución de la resistencia a compresión**



Fuente: Elaboración propia

### **-Resistencia a tracción**

La prueba de la calidad ante la tracción por compresión diametral fue realizada en base a los lineamientos de la NTP 339.084 y la ASTM C496, las evaluaciones de las resistencias fueron a probetas cilíndricas de 4pulgadas de diámetro con 8pulgadas de altura, a edades de 7, 14 y 28 días.

Para éste ensayo se utilizó la máquina de compresión hidráulica debidamente calibrada; luego de curado las probetas se midió su diámetro y longitud, se colocó la probeta echada en el interior de la máquina, seguidamente se aplicó cargas de compresión a lo largo de la probeta echada hasta que falló a lo largo del diámetro, las cargas aplicadas fueron a una velocidad constante y uniforme, finalmente luego de la rotura en la probeta se tomó nota de la carga máxima.

La determinación de la resistencia a tracción por compresión diametral se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Resistencia a Tracción} = \frac{2 \times \text{Carga máxima}}{\pi \times \text{Longitud} \times \text{Diámetro}}; (\text{kgf/cm}^2)$$

### **Resistencia a tracción a los 7,14 y 28 días de edad**

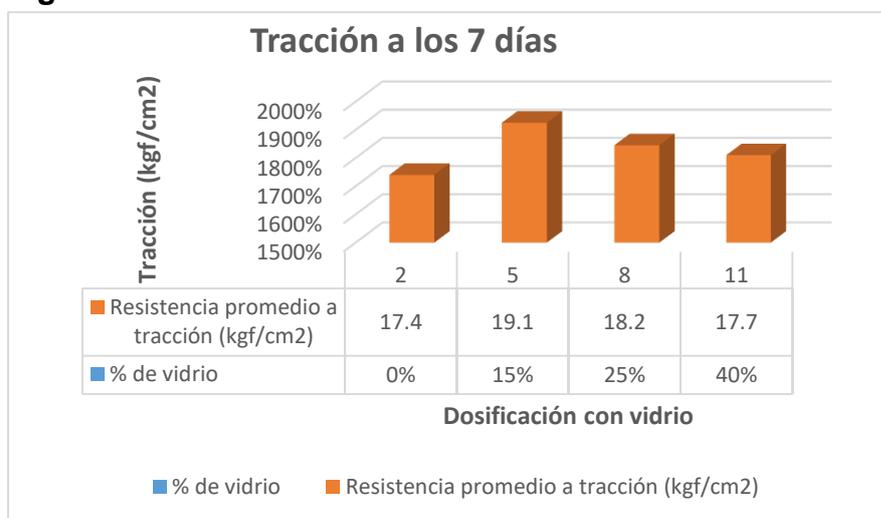
La resistencia a tracción del concreto patrón y de los concretos con vidrio triturado, fue calculada del promedio de las resistencias de 3 probetas de la misma dosificación.

**Tabla 31. Tracción a 7 días**

N° Probeta	% de vidrio	Edad en días	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg.f)	Resistencia a tracción (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio a tracción (kgf/cm <sup>2</sup> )
37	0%	7	20	10	5,454	17.4	17.4
38		7	20	10	5,496	17.5	
39		7	20	10	5,471	17.4	
40	15%	7	20	10	6,018	19.2	19.1
41		7	20	10	6,005	19.1	
42		7	20	10	5,959	19.0	
43	25%	7	20	10	5,715	18.2	18.2
44		7	20	10	5,703	18.2	
45		7	20	10	5,737	18.3	
46	40%	7	20	10	5,541	17.6	17.7
47		7	20	10	5,583	17.8	
48		7	20	10	5,558	17.7	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 23. Tracción a 7 días**



Fuente: Elaboración propia

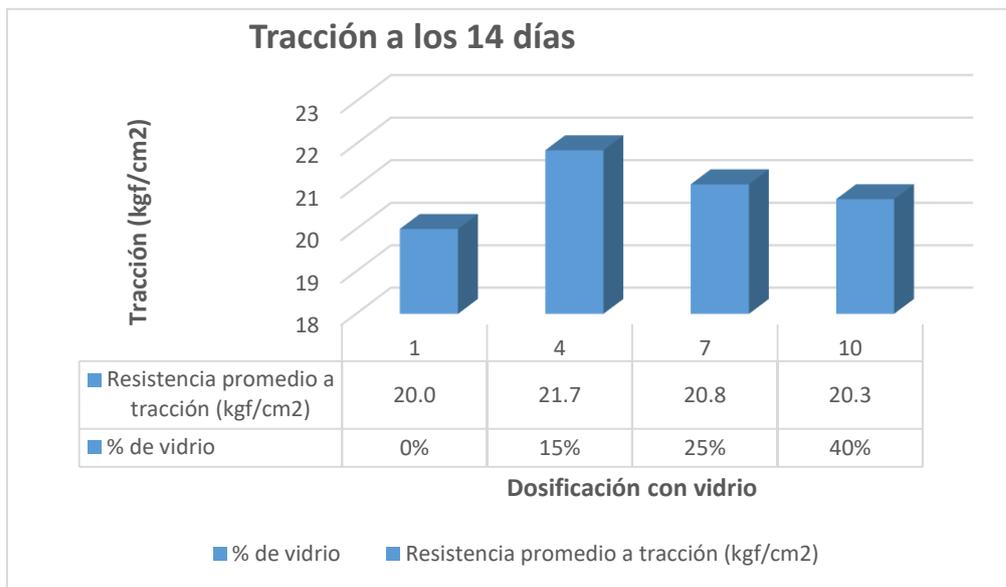
**Tabla 32. Tracción a 14 días**

N° Probeta	% de vidrio	Edad en días	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg.f)	Resistencia a tracción (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio a tracción (kgf/cm <sup>2</sup> )
49	0%	14	20	10	6,222	19.8	20.0
50		14	20	10	6,304	20.1	
51		14	20	10	6,331	20.2	

52	15%	14	20	10	6,786	21.6	21.7
53		14	20	10	6,825	21.7	
54		14	20	10	6,806	21.7	
55	25%	14	20	10	6,529	20.8	20.8
56		14	20	10	6,555	20.9	
57		14	20	10	6,521	20.8	
58	40%	14	20	10	6,315	20.1	20.3
59		14	20	10	6,399	20.4	
60		14	20	10	6,426	20.5	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 24. Tracción a los 14 días**



Fuente:

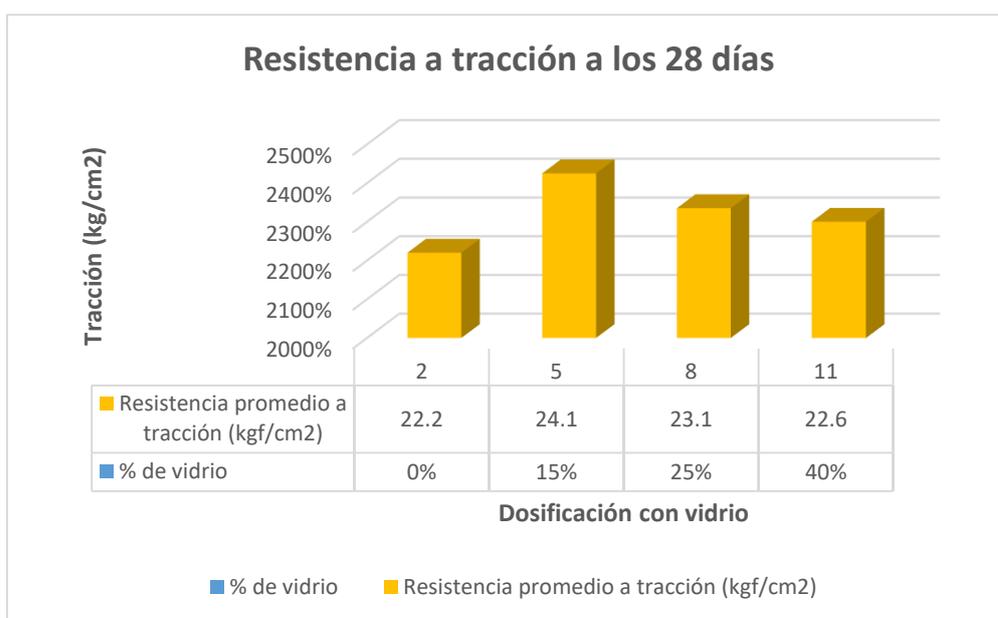
Elaboración propia

**Tabla 33. Tracción a 28 días**

N° Probeta	% de vidrio	Edad en días	Longitud (cm)	Diámetro (cm)	Carga máxima (kg.f)	Resistencia a tracción (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio a tracción (kgf/cm <sup>2</sup> )
61	0%	28	20	10	6,914	22.0	22.2
62		28	20	10	7,005	22.3	
63		28	20	10	7,035	22.4	
64	15%	28	20	10	7,540	24.0	24.1
65		28	20	10	7,584	24.1	
66		28	20	10	7,563	24.1	
67	25%	28	20	10	7,255	23.1	23.1
68		28	20	10	7,284	23.2	
69		28	20	10	7,246	23.1	
70	40%	28	20	10	7,017	22.3	22.6
71		28	20	10	7,110	22.6	
72		28	20	10	7,140	22.7	

Fuente: Elaboración propia

**Figura 25. Tracción a 28 días**



Fuente:

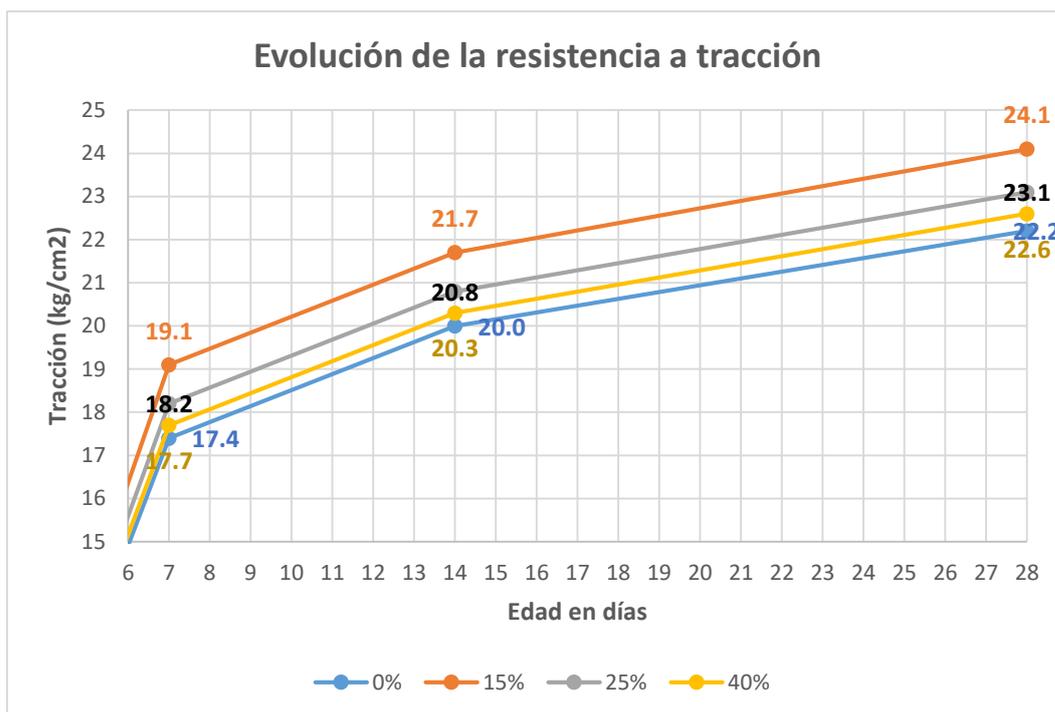
Elaboración propia

**Tabla 34. Evolución de la resistencia a tracción a 7, 14 y 28 días**

Dosificación con vidrio	Resistencia a tracción (kgf/cm <sup>2</sup> )			
	0 días	7 días	14 días	28 días
0%	0	17.4	20.0	22.2
15%	0	19.1	21.7	24.1
25%	0	18.2	20.8	23.1
40%	0	17.7	20.3	22.6

Fuente: Elaboración propia

**Figura 26.** Evolución de la resistencia a tracción



Fuente: Elaboración propia

### -Resistencia a flexión

La prueba de la calidad ante la flexión por compresión fue realizada en base a los parámetros lineamientos de la NTP 339.078 y la ASTM C 78, las evaluaciones de la flexión fueron en vigas prismáticas de 6x6 pulgadas de sección transversal y longitud de 20 pulgadas, a edad de 28 días.

Para éste ensayo se utilizó la máquina de compresión hidráulica debidamente calibrada; luego del curado de las vigas se midió su ancho, altura y la luz libre entre apoyos, se colocó la viga echada en el interior de la máquina, seguidamente se aplicó cargas a los tercios de luz libre entre apoyos, hasta que falló en el tercio medio de la viga, las cargas aplicadas fueron a una velocidad constante y uniforme, finalmente luego de la rotura en la viga se tomó nota de la carga máxima.

La determinación de la resistencia a flexión por compresión se realizó mediante la siguiente ecuación:

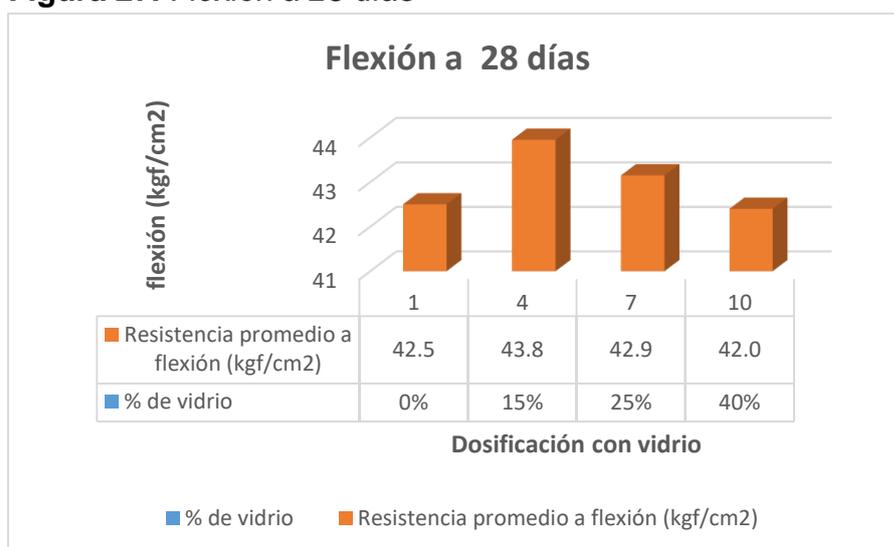
$$Resist. a Flexión (MR) = \frac{(Carga\ máxima) \times (Luz\ libre\ entre\ apoyos)}{(Ancho\ promedio) \times (Altura\ promedio)^2}; (kgf/cm^2)$$

**Tabla 35. Flexión a 28 días**

N° Viga	% de vidrio	Edad en días	Ancho (cm)	Altura (cm)	Luz libre entre apoyos	Carga máxima (kgf)	Resistencia a flexión (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia promedio a flexión (kgf/cm <sup>2</sup> )
01	0%	28	15	15	45	3,160	42.1	42.5
02		28	15	15	45	3,215	42.9	
03		28	15	15	45	3,184	42.5	
04	15%	28	15	15	45	3,254	43.4	43.8
05		28	15	15	45	3,311	44.1	
06		28	15	15	45	3,279	43.7	
07	25%	28	15	15	45	3,207	42.8	42.9
08		28	15	15	45	3,213	42.8	
09		28	15	15	45	3,231	43.1	
10	40%	28	15	15	45	3,140	41.9	42.0
11		28	15	15	45	3,155	42.1	
12		28	15	15	45	3,152	42.0	

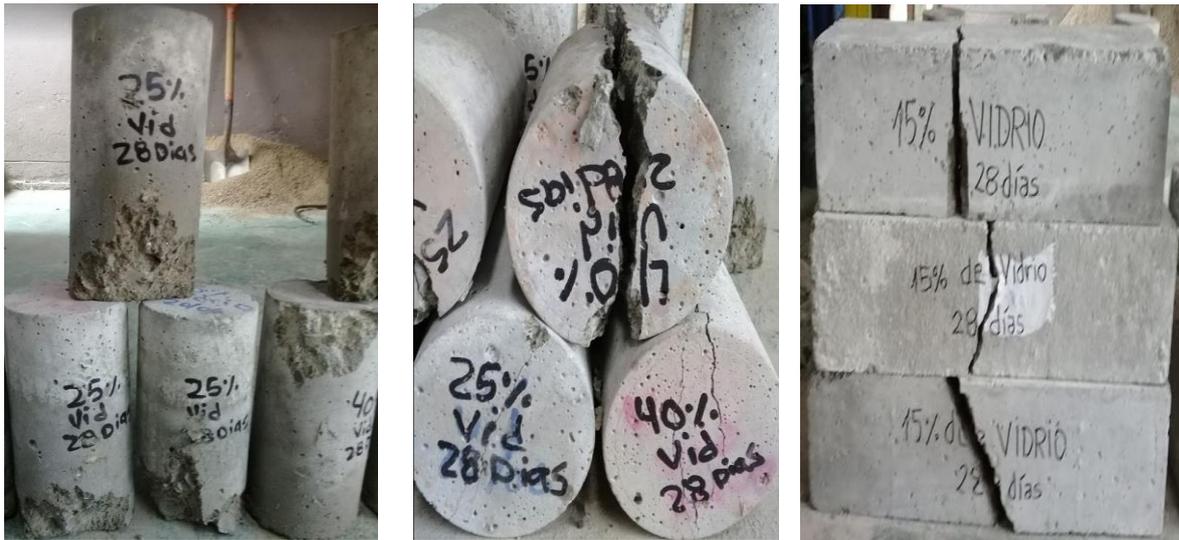
Fuente: Elaboración propia

**Figura 27. Flexión a 28 días**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 28.** Especímenes sometidos a compresión, tracción y flexión



Fuente: Elaboración propia

#### 4.12 Análisis y metrado de losas aligeradas convencionales

El diseño de concreto con vidrio triturado fue aplicado a losas aligeradas convencionales, para lo cual se realizó un plano de losa aligerada, para una vivienda unifamiliar de 6 metros x 20 metros de 3 niveles, ver anexo 5.

Para el metrado de la losa aligerada se consideró un espesor de losa de 0.2 metros; ladrillos convencionales de 8 huecos, de dimensiones 0.30metros x 0.30metros x 0.15metros; un recubrimiento de losa de 0.05 metros.

Los cálculos de Cantidad de ladrillos y cantidad de mezcla de concreto en 1 m<sup>2</sup> se realizaron de la siguiente manera:

$$Cant\ Ladr\ LA = \frac{1}{(A + V) \times L}; N^{\circ} \frac{Ladr}{1m^2}; A, V, L = metros$$

$$Cant\ Ladr\ LA = \frac{1}{(0.30 + 0.10) \times 0.30}; N^{\circ} \frac{Ladr}{1m^2}$$

**Cantidad de Ladrillos L.A. = 8.333333 Ladrillos/m<sup>2</sup>**

Espesor = 0.20 metros

*Vol Mezcla = Vol L Alg – Cant LadrLA x Vol 1Ladr; en 1m<sup>2</sup>*

*Vol Mezcla = 1.0x1.0x0.20 – 8.33 x 0.30x0.30x0.15; en 1m<sup>2</sup>*

**Vol. Mezcla = 0.0875 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>**

**Tabla 36. Medrado del concreto en losa aligerada de una vivienda unifamiliar**

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	N° de veces	MEDIDAS		PARCIAL	TOTAL	UNIDAD
			A	H			
OE.2	Estructuras						
OE.2.3	Obras de concreto armado						
OE.2.3.9	Losas						
OE.2.3.9.2	Losas aligeradas convencionales						
OE.2.3.9.2.1	Para el concreto de F'c= 210kg/cm <sup>2</sup>					13.5314	m <sup>3</sup>
	Primer piso ( en 1 m <sup>2</sup> entran 0.0875m <sup>3</sup> de concreto)		Área de paño	Concreto en 1m <sup>3</sup>			
	Paño 1	1	11.0125	0.0875	0.963594		
	Paño 2	1	8.1375	0.0875	0.712031		
	Paño 3	1	5.8125	0.0875	0.508594		
	Paño 4	1	27.5625	0.0875	2.411719		
	Paño 5	1	8.7100	0.0875	0.762125		
	Paño 6	1	2.5650	0.0875	0.224438		
	Paño 7	1	14.4375	0.0875	1.263281		
	Paño 8	1	1.3125	0.0875	0.114844		
	Segundo y tercer piso ( en 1 m <sup>2</sup> entran 0.0875m <sup>3</sup> de concreto)						
	Paño 1	2	11.0125	0.0875	0.963594		
	Paño 2	2	8.1375	0.0875	0.712031		
	Paño 3	2	5.8125	0.0875	0.508594		
	Paño 4	2	6.4875	0.0875	0.567656		
	Paño 5	2	3.6000	0.0875	0.315		
	Paño 6	2	14.4375	0.0875	1.263281		
	Paño 7	2	5.1925	0.0875	0.454344		
	Paño 8	2	4.6650	0.0875	0.408188		
	Paño 9	2	14.4375	0.0875	1.263281		
	Paño 10	2	1.3125	0.0875	0.114844		

Fuente: Elaboración propia

#### 4.12 Análisis de costo unitario de concreto en losa aligerada

El análisis de costo unitario para el concreto se realizó en base a las dosificaciones por m<sup>3</sup> en laboratorio, en éste análisis se consideró los costos en material, costos en mano de obra, costo de equipos y herramientas.

**Tabla 37. Análisis de costo unitario para el concreto patrón**

<b>ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO</b>						
Partida N° : Losa aligerada de f'c = 210 kg/cm2						
capataz operario oficial peón						
Cuadrilla :	0.3	3	2	11		
Rendimiento :	Preparado y vaciado		25	m3/día		
Jornada :	8	horas/día				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario S/.	Parcial S/.	Total S/.	
<b>MATERIALES</b>						
Cemento Sol Tipo I	bls	8.3529	24.00	200.47		
Arena gruesa	m3	0.5464	55.00	30.05		
Piedra chancada 3/4"	m3	0.5931	75.00	44.48		
Agua	m3	0.1573	5.00	0.79		
<b>Costo de Material</b>					<b>275.79</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>						
Capataz	hh	0.0960	24.34	2.34		
Operario	hh	0.9600	20.49	19.67		
Oficial	hh	0.6400	16.49	10.55		
Peón	hh	3.5200	15.02	52.87		
Operador equipo liviano	hh	0.9600	20.49	19.67		
<b>Costo de Mano de Obra</b>					<b>105.10</b>	
<b>EQUIPO, HERRAMINETAS</b>						
Mezcladora de 9-11 p3 (1)	hm	0.3200	25.00	8.00		
Vibrador de 2", 4HP (1)	hm	0.3200	8.75	2.80		
Winche eléctrico de 2 tambores (1)	hm	0.3200	31.25	10.00		
Herramienta: 3% M. Obra		0.0300	105.10	3.15		
<b>Costo de Equipo, Herramienta</b>					<b>23.95</b>	
<b>TOTAL (S/.)</b>					<b>404.84</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 38. Análisis de costo unitario del concreto con 15% de vidrio**

<b>ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO</b>						
Partida N° : Losa aligerada de f'c = 210 kg/cm2						
capataz operario oficial peón						
Cuadrilla :	0.3	3	2	11		
Rendimiento :	Preparado y vaciado		25	m3/día		
Jornada :	8	horas/día				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario S/.	Parcial S/.	Total S/.	
<b>MATERIALES</b>						
Cemento Sol Tipo I	bls	8.2450	24.00	197.88		
Arena gruesa	m3	0.4584	55.00	25.21		
Piedra chancada 3/4"	m3	0.5854	75.00	43.90		
Vidrio triturado	m3	0.0763	0.00	0.00		
Agua	m3	0.1552	5.00	0.78		
<b>Costo de Material</b>					<b>267.78</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>						
Capataz	hh	0.0960	24.34	2.34		

Operario	hh	0.9600	20.49	19.67	
Oficial	hh	0.6400	16.49	10.55	
Peón	hh	3.5200	15.02	52.87	
Operador equipo liviano	hh	0.9600	20.49	19.67	
<b>Costo de Mano de Obra</b>					<b>105.10</b>
<b>EQUIPO, HERRAMINETAS</b>					
Mezcladora de 9-11 p3(1)	hm	0.3200	25.00	8.00	
Vibrador de 2", 4HP (1)	hm	0.3200	8.75	2.80	
Winche eléctrico de 2 tambores (1)	hm	0.3200	31.25	10.00	
Herramienta: 3% M. Obra		0.0300	105.10	3.15	
<b>Costo de Equipo, Herramienta</b>					<b>23.95</b>
<b>TOTAL (S/.)</b>					<b>396.83</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39. Análisis de costo unitario del concreto con 25% de vidrio**

<b>ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO</b>					
Partida N° : Losa aligerada de f'c = 210 kg/cm2					
capataz operario oficial peón					
Cuadrilla :	0.3	3	2	11	
Rendimiento :	Preparado , vaciado		25	m3/día	
Jornada :	8	horas/día			
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario S/.	Parcial S/.	Total S/.
<b>MATERIALES</b>					
Cemento Sol Tipo I	bls	8.1770	24.00	196.25	
Arena gruesa	m3	0.4012	55.00	22.06	
Piedra chancada 3/4"	m3	0.5806	75.00	43.54	
Vidrio triturado	m3	0.1259	0.00	0.00	
Agua	m3	0.1539	5.00	0.77	
<b>Costo de Material</b>					<b>262.63</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	hh	0.0960	24.34	2.34	
Operario	hh	0.9600	20.49	19.67	
Oficial	hh	0.6400	16.49	10.55	
Peón	hh	3.5200	15.02	52.87	
Operador equipo liviano	hh	0.9600	20.49	19.67	
<b>Costo de Mano de Obra</b>					<b>105.10</b>
<b>EQUIPO, HERRAMINETAS</b>					
Mezcladora de 9-11 p3(1)	hm	0.3200	25.00	8.00	
Vibrador de 2", 4HP (1)	hm	0.3200	8.75	2.80	
Winche eléctrico de 2 tambores (1)	hm	0.3200	31.25	10.00	
Herramienta: 3% M. Obra		0.0300	105.10	3.15	
<b>Costo de Equipo, Herramienta</b>					<b>23.95</b>
<b>TOTAL (S/.)</b>					<b>391.68</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 40. Análisis de costo unitario del concreto con 40% de vidrio**

ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO					
Losa aligerada de f'c = 210					
Partida N° :	kg/cm2				
	capataz	operario	oficial	peón	
Cuadrilla :	0.3	3	2	11	
Rendimiento :	Preparado y vaciado		25	m3/día	
Jornada :	8 horas/día				
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario S/.	Parcial S/.	Total S/.
<b>MATERIALES</b>					
Cemento Sol Tipo I	bls	8.0817	24.00	193.96	
Arena gruesa	m3	0.3172	55.00	17.45	
Piedra chancada 3/4"	m3	0.5738	75.00	43.03	
Vidrio triturado	m3	0.1992	0.00	0.00	
Agua	m3	0.1522	5.00	0.76	
<b>Costo de Material</b>					<b>255.20</b>
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	hh	0.0960	24.34	2.34	
Operario	hh	0.9600	20.49	19.67	
Oficial	hh	0.6400	16.49	10.55	
Peón	hh	3.5200	15.02	52.87	
Operador equipo liviano	hh	0.9600	20.49	19.67	
<b>Costo de Mano de Obra</b>					<b>105.10</b>
<b>EQUIPO, HERRAMINETAS</b>					
Mezcladora de 9-11 p3 (1)	hm	0.3200	25.00	8.00	
Vibrador de 2", 4HP (1)	hm	0.3200	8.75	2.80	
Winche eléctrico de 2 tambores (1)	hm	0.3200	31.25	10.00	
Herramienta: 3% M. Obra		0.0300	105.10	3.15	
<b>Costo de Equipo, Herramienta</b>					<b>23.95</b>
<b>TOTAL (S/.)</b>					<b>384.26</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 41. Resumen del análisis de costo unitario del concreto**

RESUMEN DEL ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO				
DOSIFICACIÓN CON VIDRIO EN LOSA ALIGERADA	UNIDAD	METRADO	C.U.	TOTAL (S/.)
0% de vidrio	m3	13.5314	404.84	5478.09
15% de vidrio	m3	13.5314	396.83	5369.66
25% de vidrio	m3	13.5314	391.68	5299.98
40% de vidrio	m3	13.5314	384.26	5199.53

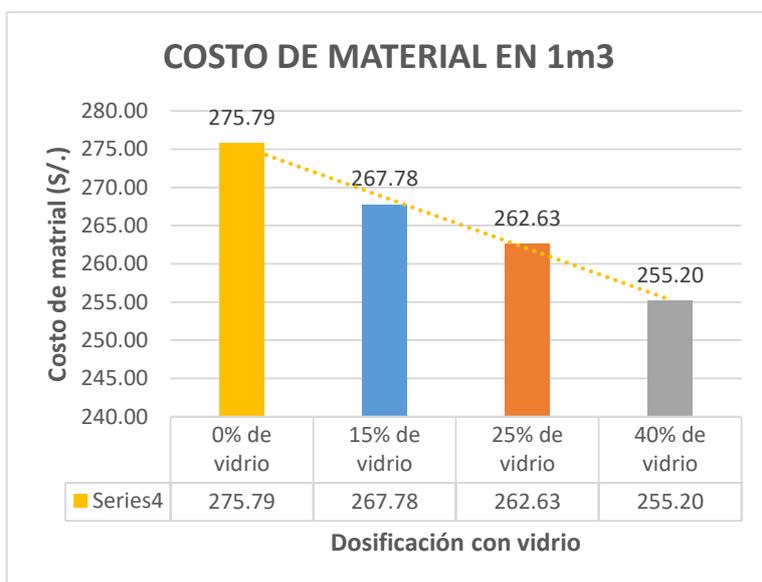
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 42. Análisis de costo unitario en material de concreto**

Dosificación con vidrio	C.U. de material en 1m3	Ahorro (S/.) en 1 m3
0% de vidrio	275.79	0
15% de vidrio	267.78	8.01
25% de vidrio	262.63	13.16
40% de vidrio	255.20	20.59

Fuente: Elaboración propia

**Figura 29. Costo de material**



Fuente: Elaboración propia

## V. DISCUSIÓN

H.G. La adición de vidrio reciclado mejorará las propiedades físicas, mecánicas y reducirá los costos de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020.

Bazán L. y Rojas R. (2018), en su trabajo de investigación **“Comportamiento mecánico del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido incorporando vidrio reciclado, distrito de Moyobamba, San Martín-2018”**; realizaron sus estudios incorporando vidrio reciclado con 15%, 25% y 35% los cuales reemplazaron a la arena gruesa, logrando resultados favorables con la adición del 15% de vidrio, en consecuencia, mejorando la obstrucción a compresión hasta  $224.18 \text{ kg/cm}^2$  y su obstrucción a flexión hasta  $35.3 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días, además lograron la correcta absorción de agua de los demás elementos, manteniendo la homogeneidad y una mayor trabajabilidad. La presente investigación concuerda con los autores, ya que la adición con 15% de vidrio mejoró la trabajabilidad generando un slump  $4''+1/2''$ , el contenido de aire aumentó a 2.8%, su peso unitario disminuyó haciendo más ligero a la losa aligerada y mejorando su rendimiento por  $\text{m}^3$  en estado fresco; la calidad ante la compresión, tracción, flexión mejoró a la edad de 28 días. Por lo tanto, la adición de vidrio reciclado sí mejora las propiedades físicas, mecánicas y reduce los costos de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en losas aligeradas.

H.E.1 La adición de vidrio reciclado mejorará las propiedades físicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020.

Adaway M. y Wang Y. (2015), en su investigación titulada **“Recycled as a partial replacement for fine aggregate in structural concrete – Effects on compressive strength”**, realizaron sus estudios rehusando el vidrio en un concreto estructural con 15%, 20%, 25%, 30%, y 40% de vidrio en sustitución parcial de la arena gruesa, logrando concluir que existe una disminución en la trabajabilidad de 15% a 30% debido a la geometría angular, en cuanto a su densidad concluyeron que existe una disminución en un 2.4% con respecto al concreto patrón, debido a que su peso específico del vidrio es menor en 5.4% respecto de la arena, generando un concreto más ligero que el de la muestra patrón. La presente

investigación concuerda parcialmente con los autores, ya que la adición de vidrio reciclado sí mejoró la trabajabilidad del concreto, debido a que se buscó que la granulometría del vidrio triturado sea similar al de la arena, por lo que se discrepa con los autores mencionados; en cuanto a su densidad se reafirma lo concluido por los autores, debido a que el peso específico del vidrio es menor que el de la arena; por otro lado el contenido de aire aumentó al adicionar vidrio triturado. Por lo tanto, la adición de vidrio reciclado sí mejora las propiedades físicas en el concreto fresco de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , dándole una mayor trabajabilidad, un mayor rendimiento, y convirtiendo más ligero a las estructuras de concreto.

H.E.2 La adición de vidrio reciclado mejora las propiedades mecánicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020.

Hurtado Pardo L. (2018), es su tesis titulada **“Estudio de las propiedades físico-mecánicas de adoquines elaborados con vidrio reciclado para pavimentos de tránsito ligero, Lima-2018”**, realizó su investigación adicionando 10%,20% y 30% de vidrio reutilizado, alcanzando resultados favorables en las propiedades mecánicas de los adoquines, con 20% de vidrio en sustitución parcial de la arena, llegando a una resistencia de  $580.9 \text{ kg/cm}^2$  a 28 días, para una resistencia de diseño de  $420 \text{ kg/cm}^2$ , en cuanto a su densidad se concluyó que se reduce, debido a que la absorción del vidrio es mínima. La presente investigación reafirma lo concluido por el autor, ya que las resistencias a compresión, tracción y flexión aplicadas a probetas y vigas aumentan, con la adición de 15% y 25% de vidrio triturado a la edad de 28 días. Por lo tanto, la adición de vidrio reciclado sí mejora las propiedades mecánicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aplicadas en losas aligeradas.

H.E.3 La adición de vidrio reciclado reducirá los costos de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020.

David Vargas A. (2015), en su Proyecto final de Graduación titulada **“Reutilización de vidrio plano como agregado fino en la elaboración de morteros de cemento y concretos”**, realizó su investigación adicionando el 50% de vidrio con 50% de arena, la evaluación fue con 3 tipos de vidrios planos, vidrio reflectivo, vidrio de espejo, y el vidrio incoloro de 6mm, concluyendo que es posible la reutilización del

vidrio plano para morteros y concreto, cabe resaltar que la producción del concreto es menor en 1% al costo del concreto estándar. La presente investigación discrepa con el autor debido a que él consideró en sus análisis de costos el precio de la obtención y procesamiento del vidrio; si consideramos reciclar el vidrio que desechar en nuestras viviendas, tendremos un ahorro en su obtención, dicho ahorro se da en la cantidad de materiales, a partir 3% a 7.4% del costo de los materiales del concreto tradicional. Por lo tanto, la adición de vidrio reciclado sí reduce los costos en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aplicadas en losas aligeradas.

## VI. CONCLUSIONES

De acuerdo a los ensayos, resultados obtenidos en el laboratorio y del análisis de costo unitario, se realizaron las siguientes conclusiones, en base a los objetivos planteados.

1. O.G. Analizar si la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas y mecánicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020.

La adición de vidrio reciclado, sí mejora las propiedades físicas en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aplicada en losas aligeradas, con 15% y 25% de vidrio en reemplazo parcial de la arena, aumentando su trababilidad, contenido de aire, disminuyendo la densidad y aumenta su rendimiento por  $\text{m}^3$  de concreto en estado fresco; La adición de vidrio reciclado, sí mejora las propiedades mecánicas en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aplicada en losas aligeradas, con 15% y 25% de vidrio en sustitución parcial de la arena, aumentando hasta un 9% de su resistencia a compresión, su resistencia a tracción aumento hasta un 8.6%, y su resistencia a flexión aumentó hasta un 3%, por lo que resulta adecuado el uso de vidrio reciclado para la elaboración de estructuras de concreto.

2. O.E.1 Determinar si la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020.

La adición de vidrio reciclado, sí mejora las propiedades físicas en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aplicada en losas aligeradas, los resultados óptimos se lograron con una proporción de agua/ cemento de 0.63, y con la adición del 15% de vidrio en sustitución parcial de la arena, mejorando su trabajabilidad y llegando a un slump de  $4''+1/2''$ ; la densidad del concreto disminuyó, llegando a un peso unitario de  $2264 \text{ kg/m}^3$ , siendo 1.65% menor al concreto patrón y asíéndola más ligera, su rendimiento por  $\text{m}^3$  fue mayor en 1.31%; el contenido de aire aumentó de 2.4% del concreto patrón a 2.8%, sin embargo se mantiene dentro de los límites permisibles, y no afectó en las resistencia del concreto endurecido.

3. O.E.2 Determinar si la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades mecánicas de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020.

La adición de vidrio reciclado, sí mejora las propiedades mecánicas en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aplicada en losas aligeradas, los resultados más favorables se lograron con 15% de vidrio triturado, aumentado su resistencia a compresión de  $230.1 \text{ kg/cm}^2$  a  $250.8 \text{ kg/cm}^2$ , produciéndose un aumento del 9% a 28 días de edad; su resistencia a tracción aumentó de  $22.2 \text{ kg/cm}^2$  a  $24.1 \text{ kg/cm}^2$ , produciéndose un aumento de 8.6% a 28 días de edad; su resistencia a flexión aumentó de  $42.5 \text{ kg/cm}^2$  a  $43.8 \text{ kg/cm}^2$ , produciéndose un aumento de 3.1% a 28 días de edad; con 25% de vidrio los aumentos de resistencia son mínimos; con el 40% de vidrio la calidad ante la compresión y tracción son favorables mínimamente, sin embargo, hubo una reducción mínima en su resistencia a tracción. Por lo tanto, resulta adecuado adicionar vidrio triturado al concreto desde un 15% hasta un 40% en sustitución parcial de la arena.

4. O.E.3 Determinar la incidencia de la adición vidrio reciclado, en los costos de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, Lima, Perú – 2020.

La adición vidrio reciclado incide positivamente, en los costos de un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en una losa aligerada, generando una reducción en el costo de los materiales, por lo tanto, produciéndose un ahorro de S/. 8.01 en  $1 \text{ m}^3$  de concreto con la adición de 15% de vidrio, S/. 13.16 en  $1 \text{ m}^3$  de concreto incorporando 25% de vidrio, S/. 20.59 en  $1 \text{ m}^3$  de concreto con la adición de 40% de vidrio, por lo tanto, el ahorro va desde un 3% a 7.5%. Si consideramos el costo del material, costo de mano de obra, costo de herramientas y equipos el ahorro en elaboración de concreto por  $1 \text{ m}^3$  va desde 1.8% a 5.1%; para el vaciado  $13.5314 \text{ m}^3$  de losa aligerada en una vivienda de 3 niveles de  $120 \text{ m}^2$  el ahorro va desde S/. 108.43 a S/.278.56.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la adición de vidrio reciclado en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aplicada a una losa aligerada para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, dicha adición de vidrio reciclado debe ser a partir del 15% hasta un 40% en reemplazo parcial del peso de la arena, ya que con dichos porcentajes se logran mayor trabajabilidad, mayor rendimiento, menor peso unitario aligerando la estructura, y resistencias superiores y similares al concreto patrón.
2. Se recomienda la adición de vidrio reciclado en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aplicada a una losa aligerada para mejorar sus propiedades físicas, ya que el vidrio le da mayor trabajabilidad generando un mayor slump, genera un menor peso unitario y mayor rendimiento, además aumenta el contenido de aire lo cual es recomendable para concretos expuesto a climas fríos de congelamiento y deshielo.
3. Se recomienda la adición de vidrio reciclado en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aplicada a una losa aligerada para mejorar sus propiedades mecánicas, a partir del 15% hasta un 40% de vidrio reciclado en reemplazo parcial del peso de la arena, ya que aumentan sus resistencias a compresión, tracción, y mínimamente su resistencia a flexión.
4. Se recomienda la adición de vidrio reciclado en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aplicada a una losa aligerada, ya que disminuye los costos en material para elaborar estructuras de concreto, el proceso de reciclado y triturado se puede realizar en casa, y de esta manera reducir el costo de su adquisición, transporte y triturado.

## REFERENCIAS

1. ABANTO, Castillo. Tecnología del concreto: teorías y problemas. 6<sup>a</sup> ed. San Marcos: Lima, 2014. 242 pp.  
ISBN: 9786123020606
2. ADAWAY, Matthew y WANG, Ying. Recycled glass as a partial replacement for fine aggregate in structural concrete – Effects on compressive strength. Artículo de Revista Electrónica de Ingeniería Estructural de la Universidad de Surrey [en línea]. Guildford – Inglaterra: Universidad de Surrey, departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, 2015 [fecha de consulta: 09 de octubre de 2019].  
Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/282952856\\_Recycled\\_glass\\_as\\_a\\_partial\\_replacement\\_for\\_fine\\_aggregate\\_in\\_structural\\_concrete\\_-\\_Effects\\_on\\_compressive\\_strength](https://www.researchgate.net/publication/282952856_Recycled_glass_as_a_partial_replacement_for_fine_aggregate_in_structural_concrete_-_Effects_on_compressive_strength)
3. AMERICAN Concrete Institute. ACI 318S-14: Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural. Preparado por el Comité ACI 318, 04 de abril de 2015. 587pp.
4. BAZÁN, Lusbeth y ROJAS, Reynaldo. Comportamiento mecánico del concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido incorporando vidrio reciclado, distrito de Moyobamba, San Martín – 2018. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Moyobamba - Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018. 118 pp.
5. BROWN, Ruseell y MCCORMAC, Jack. Diseño de concreto reforzado. 8.<sup>a</sup> ed. Alfaomega: México, 2011. 724pp.  
ISBN: 9786077072317
6. CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. 2.<sup>a</sup> ed. Editorial San Marcos: Lima-Perú, 2015. 476 pp.  
ISBN: 9789972383441
7. CATALAN Arteaga, Carlos. Estudio de la influencia del vidrio molido en hormigones grado H15, H20, H30. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil en Obras Civiles. Valdivia- Chile: Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, 2013. 91 pp.
8. CHÁVEZ Silva, Ana. Influencia del tamaño de vidrio molido en la resistencia a compresión del concreto, Trujillo 2019. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Trujillo – Perú: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2019. 131 pp.

9. DE BRITO, Jorge, PONTES, Jorge y SERPA, Diogo. Concrete made with recycled glass aggregates. *ACI Materials Journal* [en línea]. Vol.112, N°1. Enero 2015, [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2019].  
 Disponible en <https://search.proquest.com/docview/1652182300/4FF13AB56B204BCEPQ/5?accountid=37408>  
 ISSN: 0889325X
  
10. Degradación de los Materiales. *La Red Hispana*. 29 de diciembre de 2018.  
 Disponible en: <https://www.laredhispana.org/actualidades/cunto-tarda-en-degradarse-el-plstico-o-el-vidrio-y-el-cartn-o-el-papel>
  
11. Decreto Legislativo N° 1278. Ley de Gestión integral de Residuos Sólidos. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 21 de diciembre de 2017.
  
12. DU, Hongjian y TAN, Kiang. Concrete with recycled glass as fine aggregates. *ACI Material journal* [en línea]. Vol.111, N°1. 25 de abril 2016, [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2019].  
 Disponible en <https://search.proquest.com/docview/1494739298/7C129389D4064CF8PQ/7?aaccountid=37408>  
 ISSN: 08893255X
  
13. EFECTO de la variación agua/cemento en el concreto, por Guevara Fallas Génesis [et al]. *Tecnología en Marcha* [en línea]. Junio 2012, N°02. [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2019]. Disponible en [file:///E:/NUEVAS%20DESCARGAS/Dialnet-EfectoDeLaVariacionAguacementoEnElConcreto-4835626%20\(1\).pdf](file:///E:/NUEVAS%20DESCARGAS/Dialnet-EfectoDeLaVariacionAguacementoEnElConcreto-4835626%20(1).pdf)  
 ISSN: 2215-3241
  
14. FOX-DAVIES Finny y DAVIES Kim. *Hacia una vida más ecológica: ahorra recursos y salva al planeta*. México: Editorial Trillas, 2012. 96pp.  
 ISBN:9786071711021
  
15. GESARO, Rui y MONTERO, Jesús. Establecer las propiedades del concreto adicionado con vidrio reciclado proveniente de bombillos ahorradores. Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Civil. Caracas – Venezuela: Universidad Católica Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, 2016. 70 pp.
  
16. GIOSUÉ, Chiara, MOBILI, Alessandra y TITTARELLI, Francesca. Recycled glass as aggregate for architectural mortars. *International journal of concrete structures and materials* [en línea]. Vol.12, N°1. Diciembre 2015, [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2019].

Disponible en  
<https://search.proquest.com/docview/2111495178/7C129389D4064CF8PQ/4?accountid=37408>  
ISSN: 19760485

17. HARMSEN, Teodoro. Diseño de estructuras de concreto armado. 5.a ed. Pontificia Universidad Católica del Perú: Lima-Perú, 2017. 967pp.  
ISBN: 9786123172978
  
18. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 5.a ed. McGraw-Hill: México, 2010. 656 pp.  
ISBN: 9786071502919
  
19. HURTADO Pardo, Lechcop. Estudio de las propiedades físico-mecánicas de adoquines elaborados con vidrio reciclado para pavimentos de tránsito ligero, Lima-2018. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil. Lima- Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018. 128 pp.
  
20. INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.084: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima: INACAL, 2012. 22pp.
  
21. INDECOPI-CRT. NTP 339.083: Método de ensayo normalizado para contenido de aire de mezcla de hormigón (concreto) fresco, por el método de presión. Lima, 2003. 27pp.
  
22. INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.035: Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland. Lima: INACAL, 2009. 9pp.
  
23. INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 400.037: AGREGADOS. Agregados para concreto. Requisitos. Lima: INACAL, 2018. 23pp.
  
24. INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 400.012: AGRAGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global. Lima: INACAL, 2001. 14pp.
  
25. INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.034: Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas. Lima: INACAL, 2008. 18pp.

26. INSTITUTO Nacional de Calidad (Perú). NTP 339.078: Método de ensayo para la determinación resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo. Lima: INACAL, 2012. 14pp.
27. DISEÑO y control de mezclas de concreto por Steven H. Kosmatka [et al.]. Illinois EE.UU.: Editorial Protland Cement Association, 2004. 469 pp.  
ISBN: 0893122335
28. KOTTAS, Dimitris. Materiales para la construcción. Plutón ediciones: Barcelona-España, 2016. 251pp.  
ISBN: 9788416239801
29. NIÑO DE GUZMAN, Anthony. Lima tiene 184 puntos críticos usados como botaderos basura [en línea]. El Comercio 13 de junio de 2018. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2019].  
Disponible en: <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/lima-184-puntos-criticos-usados-botaderos-basura-noticia-527501-noticia/?ref=nota&ft=autoload>
30. MARDANI-AGHABAGLOU, Ali, RAMYAR, Kambiz y TUYAN, Murat. Mechanical and durability performance of concrete incorporating fine recycled concrete and glass aggregates. Material and structure [en línea]. Vol.48, N°8. Agosto 2015, [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2019].  
Disponible en <https://search.proquest.com/docview/1698158556/8E31893485B42E8PQ/1?accountid=37408>  
ISSN:13595997
31. MINISTERIO de Comercio Exterior y Turismo. Guía de envases y embalajes. 2.a ed. Lima-Perú, 2013. 58pp. Disponible en : [www.mincetur.gob.pe](http://www.mincetur.gob.pe)
32. MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Manual de ensayo de materiales, edición mayo de 2016.  
Disponible en [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf)
33. PAREDES Bendezú, Alexis. Análisis de la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  con adición de vidrio reciclado molido. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Tarapoto-Perú: Universidad Nacional de San Martín-Tarapoto, facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, 2019. 149 pp.

34. PASQUEL, Enrique. Tópicos de tecnología del concreto en el Perú. 2ª ed. Colegio de Ingenieros del Perú: Lima-Perú, 1998. 380 pp.
35. PEÑAFIEL Carrillo, Daniela. Análisis de la resistencia a la compresión del Hormigón al emplear vidrio reciclado molido en reemplazo parcial del agregado fino. Proyecto Experimental previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil. Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, 2016. 114 pp.
36. Peso Unitario (Densidad del Concreto). Notas de concreto. Abril de 2011. Disponible en: <http://notasdeconcretos.blogspot.com/2011/04/peso-unitario-densidad-del-concreto.html>
37. QUIJUN, Daniel, SAN BARTOLOMÉ, Ángel y SILVA, Wilson. Diseño y construcción de estructuras sismorresistentes de albañilería. Lima- Perú: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014. 343 pp. ISBN:9789972429569
38. RIVERA Bernaldes, Allison. Diseño del concreto de  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$  con vidrio molido (sódico cálcico) como reemplazo del agregado fino, para mejorar la resistencia a la compresión. Tesis para obtener el título profesional de ingeniera civil. Lima- Perú: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018. 123 pp.
39. RODRIGUEZ, Matías y RUIZ, Miguel. Evaluación del desempeño de un hormigón con incorporación de vidrio reciclado finamente molido en reemplazo de cemento mediante ensayos de laboratorio. Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales [en línea]. Córdoba – Argentina: Universidad Nacional de Córdoba, Departamento de Estructuras, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2016 [fecha de consulta: 09 de octubre de 2019]. Disponible en <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/13637>
40. SÁNCHEZ, Diego. Tecnología del concreto y del mortero. 5.a ed. Bhandar Editores: Bogotá-Colombia, 2001. 349pp. ISBN:9589247040
41. SENSICO. Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma E 0.60. 23 de mayo de 2005. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=230>
42. SEDLMAJER, Martin y ZACH, Jiri. Properties of lightweight concretes made of aggregate from recycled glass. Solid state phenomena [en línea]. Vol.249. 25 de abril 2016, [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2019]. Disponible en <https://search.proquest.com/docview/1785387346/4FF13AB56B204BCEPQ/10?accountid=37408>

ISSN: 10120394

43. SHARMA, Rachit. Compressive strength of concrete using construction demolition waste, glass waste, superplasticizer and fiber. Jordan journal of civil engineering [en línea]. Vol.11, N°3. 2017, [fecha de consulta: 03 de diciembre de 2019]. Disponible en <https://search.proquest.com/docview/1925209969/792BEE8ED970400DPQ/5?accountid=37408>  
ISSN: 19930461
  
44. TORRE, Ana. Curso básico de tecnología del concreto. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú, 2004. Disponible en [https://www.academia.edu/9191423/CURSO\\_BASICO\\_DE\\_TECNOLOGIA\\_DE\\_L\\_CONCRETO\\_PARA\\_INGENIEROS\\_CIVILES](https://www.academia.edu/9191423/CURSO_BASICO_DE_TECNOLOGIA_DE_L_CONCRETO_PARA_INGENIEROS_CIVILES)
  
45. VARGAS Castro, David. Reutilización de vidrio plano como agregado fino en la elaboración de morteros de cemento y concretos. Proyecto Final de Graduación para optar el grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Cartago – Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Química, 2015. 81 pp.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Matriz de Operacionalización de variables

Adición de vidrio reciclado en un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú-2020					
Variables de estudio	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Escala de medición
Vd1: Propiedades físicas	Según Pasquel (1998, p. 129), las propiedades del concreto son el resultado de la reacción química que produce el cemento al contacto con el agua y en presencia de los agregados; la trabajabilidad es la propiedad que se prioriza.	Trabajabilidad	Asentamiento	-Ficha de recolección de datos según NTP	-Continua
			Relación a/c		
			Fluidez		
		Contenido de aire	Granulometría		
Módulo de fineza					
Densidad	Peso unitario				
Vd2: Propiedades mecánicas	Según Abanto (2013, p 50-51), la tenacidad del concreto no puede evaluarse en estado plástico, por lo que realizan pruebas de probetas curadas que ya han endurecido, a diferentes días de edad.	Resistencia a la compresión	NTP339.034	- Formato de ensayos ASTM	
		Resistencia a la tracción	NTP339.084		
		Resistencia a la flexión	NTP339.078		
Vi: Adición de vidrio reciclado	Según Kottas (2016, p.154), las propiedades más comunes de los diferentes tipos de vidrio son la alta resistencia a la tracción (en el caso del vidrio flotado va de 3800 a 4670 N/mm <sup>2</sup> ), compresión (en el caso del vidrio flotado va de 35 a 55 N/mm <sup>2</sup> ) y a los impactos, no es corrosivo ni combustible.	Dosificación con vidrio	15%	-Hoja Excel de ACU	
			25%		
			40%		
		Vidrio de envases de bebidas	Tratamiento del vidrio		
			Trituración del vidrio		
			Granulometría del vidrio		

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO 2. Matriz de consistencia

Adición de vidrio reciclado en un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú-2020					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores		Métodos
Problema General	Objetivo general	Hipótesis general	Variable Vd1: Propiedades físicas		<b>Método</b> -Científico <b>Tipo de Investigación</b> -Aplicada <b>Nivel de investigación</b> -Correlacional <b>Enfoque</b> -Cuantitativo <b>Población</b> -Probetas cilíndricas de concreto con un $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ <b>Muestra</b> -36 probetas cilíndricas con 0%, 15%, 25%, 40% de vidrio reciclado en edades de 7, 14, 28 días; para el ensayo a compresión. -36 probetas cilíndricas con 0%, 15%, 25%, 40% de vidrio reciclado en edades de 7, 14, 28 días; para el ensayo a tracción. -12 vigas de concreto con 0%, 15%, 25%, 40% de vidrio reciclado a 28 días de edad; para el ensayo a flexión.
- ¿De qué manera la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas, mecánicas e incide en el costo de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada?	- Analizar si la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas, mecánicas e incide en el costo de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada.	- La adición de vidrio reciclado mejorará las propiedades físicas, mecánicas y reducirá los costos de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada.	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	
			Trabajabilidad	Asentamiento	
				Relación a/c	
				Fluidez	
			Contenido de aire	Granulometría	
				Módulo fineza	
			Densidad	Peso unitario	
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específica	Variable Vd2: Propiedades mecánicas		
- ¿De qué manera la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada?	- Determinar si la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades físicas de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada.	- La adición de vidrio reciclado mejorará las propiedades físicas de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada.	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	
- ¿De qué manera la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades mecánicas de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada?	- Determinar si la adición de vidrio reciclado mejora las propiedades mecánicas de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada.	- La adición de vidrio reciclado mejorará las propiedades mecánicas de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada.	Resistencia a la compresión	NTP339.034	
- ¿De qué manera la adición de vidrio reciclado incide en el costo de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada?	- Determinar la incidencia de adición vidrio reciclado, en los costos de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada.	- La adición de vidrio reciclado reducirá los costos de un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ en una losa aligerada.	Resistencia a la tracción	NTP339.084	
			Resistencia a la flexión	NTP339.078	
			Variable Vi: Adición de vidrio reciclado		
			Dimensiones	Indicadores	
			Dosificación con vidrio	15%	
				25%	
				40%	
			Vidrio de envases de bebidas	Tratamiento	
				Trituración	
				Granulometría	

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO 3. Panel fotográfico

Foto 1. Tratamiento del vidrio



Foto 2. Trituración del vidrio



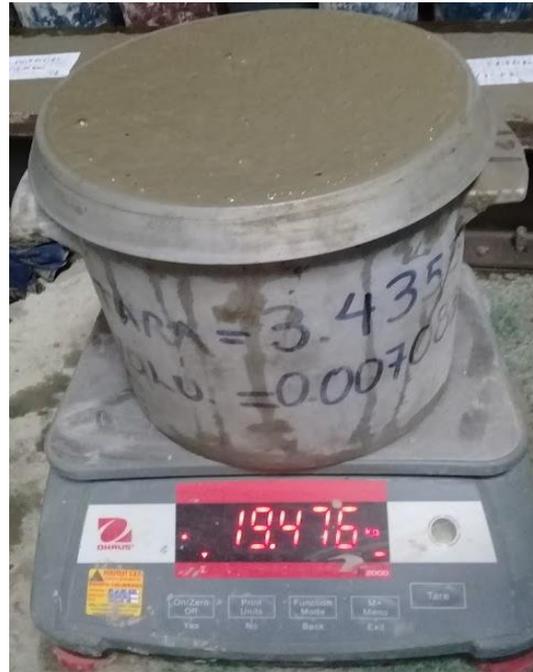
Foto 3. Granulometría del vidrio



**Foto 4. Ensayo de Asentamiento**



**Foto 5. Ensayo de Peso unitario**



**Foto 6. Ensayo de Contenido de aire**



**Foto 7. Elaboración de especímenes**



Foto 8. Curado de especímenes



Foto 9. Ensayo a Compresión 7 días



Foto 10. Ensayo a tracción 14 días



Foto 11. Ensayo a flexión 28 días



Foto 12. Rotura a compresión y tracción 7 y 14 días



Foto 13. Rotura a tracción y flexión 28 días



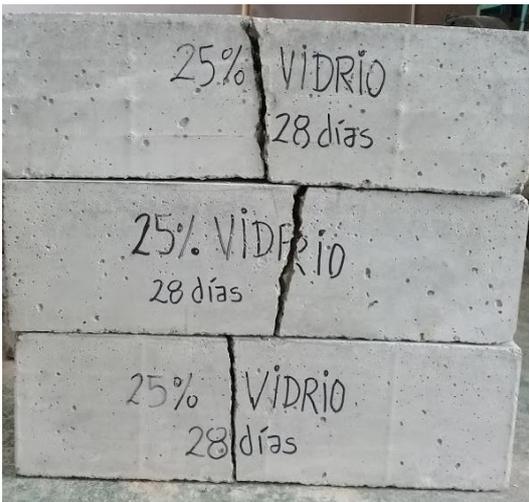
**Foto 14. E. flexión con 0% vidrio**



**Foto 15. E. flexión con 15% vidrio**



**Foto 16. E. flexión con 25% vidrio**



**Foto 17. E. flexión con 40% vidrio**



## ANEXO 4. Informes de ensayos de laboratorio MTL GEOTECNIA

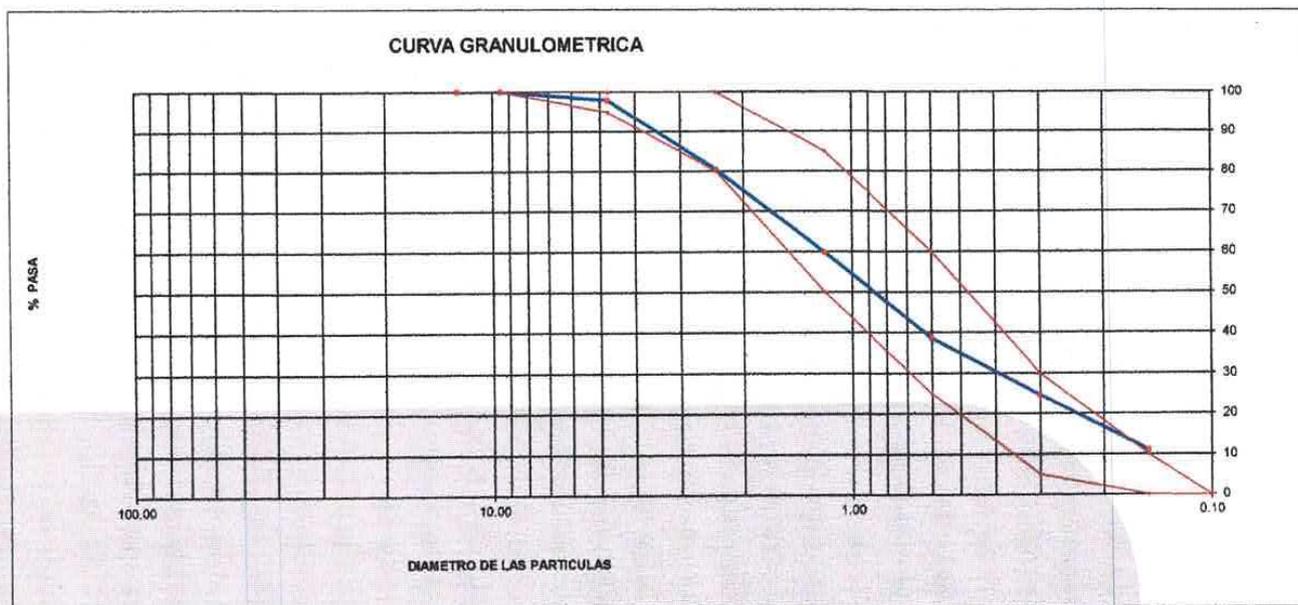
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO</b>	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

### LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO ASTM C136

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: José Manuel Quispe Curo		
TESIS	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto $F_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"		
UBICACIÓN	: Lima - Perú	Fecha de ensayo:	05/06/2020

MATERIAL : Agregado fino	CANTERA: TRAPICHE
PESO INICIAL HUMEDO (g) : 633.9	% W = 0.9
PESO INICIAL SECO (g) : 628.2	MF = 2.88

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C 33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.76	12.5	2.0	2.0	98.0	95 - 100
Nº8	2.38	110.8	17.6	19.6	80.4	80 - 100
Nº 16	1.19	129.5	20.6	40.2	59.8	50 - 85
Nº 30	0.60	133.2	21.2	61.4	38.6	25 - 60
Nº 50	0.30	87.2	13.9	75.3	24.7	05 - 30
Nº 100	0.15	86.2	13.7	89.0	11.0	0 - 10
FONDO		68.8	11.0	100.0	0.0	0 - 0



**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

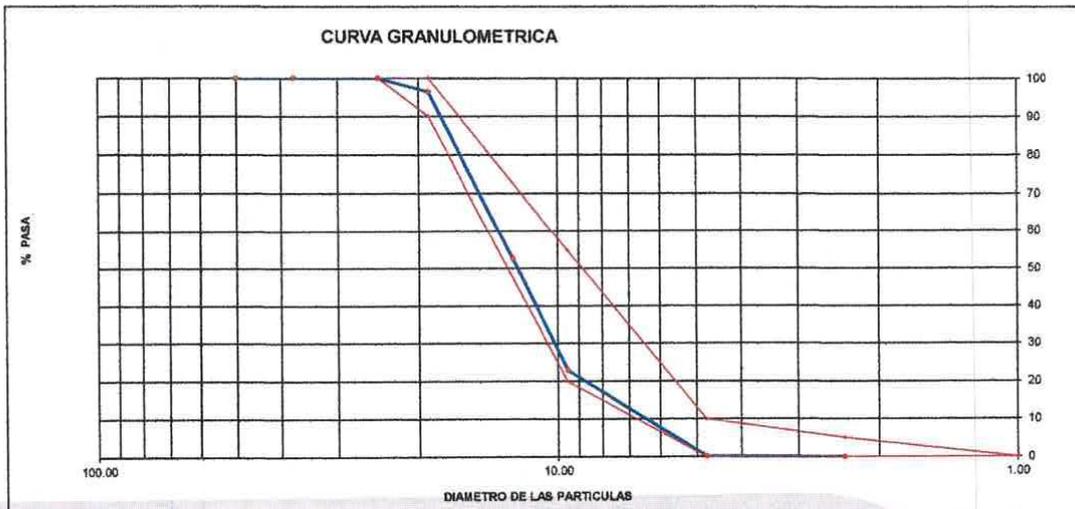
Elaborado por: 	Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUNA BARRAZA INGENIERO CIVIL N.º 12330	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO</b>	Código	FOR-LTC-AG-002
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
ASTM C136

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio		
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo		
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"		
<b>UBICACION</b>	: Lima - Perú	<b>Fecha de ensayo:</b>	05/06/2020
<b>MATERIAL</b>	: AGREGADO GRUESO	<b>CANTERA:</b>	TRAPICHE
<b>PESO INICIAL HUMEDO (g)</b>	4,268.80	<b>% W =</b>	0.1
<b>PESO INICIAL SECO (g)</b>	4,266.40	<b>MF =</b>	6.81

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES HUSO # 67
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
2"	50.00	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0	
1"	24.50	0.0	0.0	0.0	100.0	100
3/4"	19.05	152.2	3.6	3.6	96.4	90 - 100
1/2"	12.50	1,889.0	43.8	47.4	52.6	—
3/8"	9.53	1,267.0	29.7	77.1	22.9	20 - 55
Nº 4	4.76	968.0	22.7	99.8	0.2	0 - 10
Nº 8	2.38	7.0	0.2	100.0	0.0	0 - 5
Nº 16	1.18	0.0	0.0	100.0	0.0	
FONDO		3.2	0.1			



**OBSERVACIONES:**

- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL Nº 12333	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	---	--

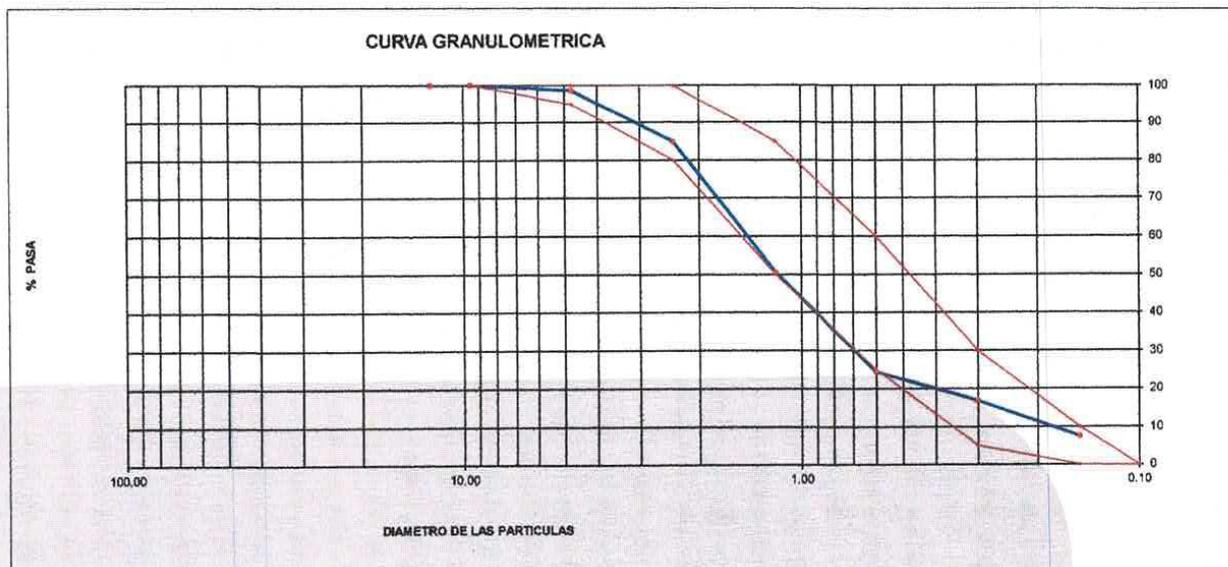
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO</b> <b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO</b>	Código	FOR-LTC-AG-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
ASTM C136

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
	<b>Fecha de ensayo:</b> 05/06/2020

<b>MATERIAL</b>	: Vidrio triturado	<b>CANTERA:</b>	-
<b>PESO INICIAL HUMEDO (g)</b>	374.3	<b>% W</b>	= 0,1
<b>PESO INICIAL SECO (g)</b>	373.8	<b>MF</b>	= 3,17

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		% ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C 33
		(g)	(%)	Retenido	Pasa	
1/2"	12.50	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100
Nº4	4.76	4.9	1.3	1.3	98.7	95 - 100
Nº8	2.38	51.4	13.8	15.1	84.9	80 - 100
Nº 16	1.19	128.5	34.4	49.5	50.5	50 - 85
Nº 30	0.60	97.7	26.1	75.6	24.4	25 - 60
Nº 50	0.30	28.3	7.6	83.2	16.8	05 - 30
Nº 100	0.15	34.9	9.3	92.5	7.5	0 - 10
FONDO		28.0	7.5	100.0	0.0	0 - 0



**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO ----- <b>YESENIA CUBA BARRAZA</b> INGENIERO CIVIL CIF. 145803	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> ----- <b>CONTROL DE CALIDAD</b>
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO</b>	Código	FOR-LAB-AG-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS**  
ASTM C29

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio	
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo	
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"	
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú	<b>Fecha de ensayo:</b> 05/06/2020

**MATERIAL** : AGREGADO FINO **CANTERA** : TRAPICHE

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	6492	6481	6477
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4129	4118	4114
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.496	1.492	1.491

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.493
-------------------------------	------	-------

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	7314	7286	7328
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4951	4923	4965
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.794	1.784	1.799

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.792
-----------------------------------	------	-------

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO ----- <b>YESENIA CUBA BARRAZA</b> INGENIERO CIVIL N° 12345	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> ----- <b>CONTROL DE CALIDAD</b>
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO (F, G o GIB)	Código	FOR-LTC-AG-018
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO**  
ASTM C29

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
	<b>Fecha de ensayo:</b> 05/06/2020

**MATERIAL** : AGREGADO GRUESO **CANTERA:** TRAPICHE

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	30671	30649	30698
2	Peso del Molde	g	9800	9800	9800
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	20871	20849	20898
4	Volumen del Molde	cc	13950	13950	13950
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.496	1.495	1.498

<b>PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO</b>	g/cc	1.496
--------------------------------------	------	-------

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	
1	Peso de la Muestra + Molde	g	32429	32458	32445
2	Peso del Molde	g	9800	9800	9800
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	22629	22658	22645
4	Volumen del Molde	cc	13950	13950	13950
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.622	1.624	1.623

<b>PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO</b>	g/cc	1.623
--	------	-------

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO PESO UNITARIO</b>	Código	FOR-LAB-AG-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS**  
ASTM C29

<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b> : José Manuel Quispe Curo
<b>TESIS</b> : "Adición de vidrio reciclado en un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"
<b>UBICACIÓN</b> : Lima - Perú
<b>Fecha de ensayo:</b> 05/06/2020

**MATERIAL** : Vidrio Triturado **CANTERA** : --

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	5988	5968	5985
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2383
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	3625	3605	3622
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Suelto de la Muestra	g/cc	1.313	1.306	1.312

PROMEDIO PESO UNITARIO SUELTO	g/cc	1.311
-------------------------------	------	-------

MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3
------------	-------	-------	-------

1	Peso de la Muestra + Molde	g	6421	6406	6415
2	Peso del Molde	g	2363	2363	2363
3	Peso de la Muestra (1 - 2)	g	4058	4043	4052
4	Volumen del Molde	cc	2760	2760	2760
5	Peso Unitario Compactado de la Muestra	g/cc	1.470	1.465	1.468

PROMEDIO PESO UNITARIO COMPACTADO	g/cc	1.468
-----------------------------------	------	-------

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

<p>Elaborado por:</p> 	<p>Revisado por:</p>  <p style="text-align: center;">MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO</p> <p style="text-align: center;">YESENIA CIJBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP: 145803</p>	<p>Aprobado por:</p>  <p style="text-align: center;">MTL GEOTECNIA SAC</p> <p style="text-align: center;">CONTROL DE CALIDAD</p>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b>	Código	FOR-LAB-AG-013
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS**  
ASTM C128

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"
<b>UBICACION</b>	: Lima - Perú
<b>Fecha de ensayo:</b> 05/06/2020	

**MATERIAL** : AGREGADO FINO

**CANTERA** : TRAPICHE

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua	g	981.3	980.8	981.1
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon	g	671.1	670.5	670.8
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	310.2	310.3	310.3
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balon	g/cc	665.5	664.5	665.00
5	Peso del Balon N° 2	g/cc	171.1	170.5	170.80
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	494.4	494	494.20
7	Volumen del Balon (V = 500)	cc	497.3	497.9	497.6

**RESULTADOS**

PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = $A/(V-W)$ )	g/cc	2.64	2.63	2.64
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = $500/(V-W)$ )	g/cc	2.67	2.67	2.67
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = $A/[(V-W)-(500-A)]$ )	g/cc	2.72	2.72	2.72
PORCENTAJE DE ABSORCION (%) $[(500-A)/A*100]$	%	1.1	1.2	1.2

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

 <b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Revisado por:</b>  <b>MTL GEOTECNIA S.A.C.</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO ..... <b>YESENIA CUBA BARRAZA</b> INGENIERO CIVIL N° 12345	<b>Aprobado por:</b>  <b>MTL GEOTECNIA S.A.C.</b> ..... <b>CONTROL DE CALIDAD</b> <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>
---	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b>	Código	FOR-LAB-AG-013
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS**  
ASTM C128

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm2, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
	<b>Fecha de ensayo:</b> 05/06/2020

**MATERIAL** : AGREGADO FINO

**CANTERA** : TRAPICHE

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua	g	981.3	980.8	981.1
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon	g	671.1	670.5	670.8
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	310.2	310.3	310.3
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balon	g/cc	665.5	664.5	665.00
5	Peso del Balon N° 2	g/cc	171.1	170.5	170.80
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	494.4	494	494.20
7	Volumen del Balon (V = 500)	cc	497.3	497.9	497.6

**RESULTADOS**

PESO ESPECIFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.64	2.63	2.64
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))	g/cc	2.67	2.67	2.67
PESO ESPECIFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-(500-A)])	g/cc	2.72	2.72	2.72
PORCENTAJE DE ABSORCION (%) [(500-A)/A*100]	%	1.1	1.2	1.2

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

	<p>MTL GEOTECNIA S.A.C. SUELOS CONCRETO ASFALTO</p> <p>..... YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL N° 12300</p>	<p>MTL GEOTECNIA S.A.C.</p> <p>..... CONTROL DE CALIDAD</p>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN</b>	Código	FOR-LAB-AG-013
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS**  
ASTM C128

<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio	<b>Fecha de ensayo:</b> 05/06/2020
<b>SOLICITANTE</b> : José Manuel Quispe Curo	
<b>TESIS</b> : "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"	
<b>UBICACIÓN</b> : Lima - Perú	

**MATERIAL** : VIDRIO TRITURADO

**CANTERA** : --

MUESTRA N°		M - 1	M - 2	PROMEDIO	
1	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon + Peso de Agua	g	893.57	867.15	880.4
2	Peso de la Arena S.S.S. + Peso Balon	g	543.79	500.44	522.1
3	Peso del Agua (W = 1 - 2)	g	349.78	366.71	358.2
4	Peso de la Arena Seca al Horno + Peso del Balon	g/cc	543.5	500.1	521.80
5	Peso del Balon N° 2	g/cc	171	170.5	170.75
6	Peso de la Arena Seca al Horno (A = 4 - 5)	g/cc	372.5	329.6	351.05
7	Volumen del Balon (V = 500)	cc	498.0	497.8	497.9

**RESULTADOS**

PESO ESPECÍFICO DE LA MASA (P.E.M. = A/(V-W))	g/cc	2.51	2.51	2.51
PESO ESPEC. DE MASA S.S.S. (P.E.M. S.S.S. = 500/(V-W))	g/cc	2.52	2.52	2.52
PESO ESPECÍFICO APARENTE (P.E.A. = A/[(V-W)-(500-A)])	g/cc	2.52	2.52	2.52
PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) [(500-A)/A*100]	%	0.1	0.1	0.1

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
	 <b>MTL GEOTECNIA S.A.C.</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO ..... <b>YESENIA CUBA BARRAZA</b> INGENIERO CIVIL N.º 16803	 <b>MTL GEOTECNIA S.A.C.</b> ..... <b>CONTROL DE CALIDAD</b>
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio	
<b>SOLICITANTE</b> : José Manuel Quispe Curo	
<b>TESIS</b> : "Adición de vidrio reciclado en un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"	
<b>UBICACIÓN</b> : Lima - Perú	<b>Fecha de ensayo:</b> 06/06/2020

$f'c \text{ 210 kg/cm}^2$						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.88	0.9	1.2	1493.0	1792.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.81	0.1	1.1	1496.0	1623.0

**MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE**

<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1	ASENTAMIENTO			3 3/4	pulg	
2	TAMAÑO MAXIMO NOMINAL			3/4 "		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.634		
4	AGUA			225		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.33		
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>						
	<b>FACTOR CEMENTO</b>		355.000	Kg/m <sup>3</sup>	8.4	Bts/m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del cemento			0.1138	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Agua			0.2250	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.359
	<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>					
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.3080	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.641
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3330	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>					1.000
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
	CEMENTO			355	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			225	L/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			813	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			889	Kg/m <sup>3</sup>	
	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2282	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>D) CORRECCION POR HUMEDAD</b>						
	AGREGADO FINO HUMEDO			820.4	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			890.0	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
	AGREGADO FINO			0.30	%	2.4
	AGREGADO GRUESO			1.00	%	8.9
	<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>					11.3
						236.3
						Lts/m <sup>3</sup>
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>						
	CEMENTO			355	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			236	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			820	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			890	Kg/m <sup>3</sup>	
	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2302	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>G) CANTIDAD DE MATERIALES (52 lt.)</b>						
	CEMENTO			18.46	Kg	
	AGUA			12.29	Lts	
	AGREGADO FINO			42.66	Kg	
	AGREGADO GRUESO			46.28	Kg	
<b>PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>				<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>		
	C	1.0		C	1.0	
	A.F	2.31		A.F	2.32	
	A.G	2.51		A.G	2.51	
	H2o	28.25 Kg.		H2o	28.25 LT.	

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL 171.700	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE SALUDAD	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD MTL GEOTECNIA
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
	<b>Fecha de ensayo:</b> 06/06/2020

<b><math>F_c 210 \text{ kg/cm}^2</math></b>						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.88	0.9	1.2	1493.0	1792.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.81	0.1	1.1	1496.0	1623.0
VIDRIO 15%	2.51	3.17	0.0	0.1	1311.0	1468.0

**MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE**

<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1	ASENTAMIENTO			4 1/2	pulg	
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4 "		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.634		
4	AGUA			225		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.33		
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>						
	<b>FACTOR CEMENTO</b>		355.000	Kg/m <sup>3</sup>	8.4	Bls/m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del cemento			0.1138	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Agua			0.2250	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.359
	<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>					
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.2618	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.641
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3330	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Vidrio			0.0462	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>					1.000
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
	CEMENTO			355	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			225	Lit/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			691	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			889	Kg/m <sup>3</sup>	
	VIDRIO 15%			116	Kg/m <sup>3</sup>	
	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2276	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>D) CORRECCION POR HUMEDAD</b>						
	AGREGADO FINO HUMEDO			697.4	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			890.0	Kg/m <sup>3</sup>	
	VIDRIO 15%			116.0	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
				%	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			0.30	2.1	
	AGREGADO GRUESO			1.00	8.9	
	VIDRIO 15%			0.10	0.1	
					11.1	
	<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>				236.1	Lts/m <sup>3</sup>
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>						
	CEMENTO			355	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			236	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			697	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			890	Kg/m <sup>3</sup>	
	VIDRIO 15%			116	Kg/m <sup>3</sup>	
	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2294	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>G) CANTIDAD DE MATERIALES (52 lt.)</b>						
	CEMENTO			18.46	Kg	
	AGUA			12.28	Lts	
	AGREGADO FINO			36.26	Kg	
	AGREGADO GRUESO			46.28	Kg	
	VIDRIO 15%			6030.0	g	
	<b>PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>					<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>
	C			1.0		C
	A.F			1.96		A.F
	A.G			2.51		A.G
	H2o			28.25 Kg.		H2o
						28.25 LT.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad</b>
<b>MTL GEOTECNIA SAC</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERA DE CIVIL <b>CONTROL DE CALIDAD</b> Control de Calidad MTL GEOTECNIA		

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"
<b>UBICACION</b>	: Lima - Perú
	<b>Fecha de ensayo:</b> 06/06/2020

f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.88	0.9	1.2	1493.0	1792.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.81	0.1	1.1	1496.0	1623.0
VIDRIO 25%	2.51	3.17	0.0	0.1	1311.0	1468.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE						
<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>						
1	ASENTAMIENTO			5 3/4	pulg	
2	TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL			3/4 "		
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.634		
4	AGUA			225		
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0		
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.33		
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>						
	<b>FACTOR CEMENTO</b>		355.000	Kg/m <sup>3</sup>	8.4	Bis/m <sup>3</sup>
	Volumen absoluto del cemento			0.1138	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Agua			0.2250	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Aire			0.0200	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.359
	<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>					
	Volumen absoluto del Agregado fino			0.2310	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0.641
	Volumen absoluto del Agregado grueso			0.3330	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del Vidrio			0.0770	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	
	<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>					1.000
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>						
	CEMENTO			355	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			225	L/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			610	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			889	Kg/m <sup>3</sup>	
	VIDRIO 25%			193	Kg/m <sup>3</sup>	
	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2272	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>D) CORRECCION POR HUMEDAD</b>						
	AGREGADO FINO HUMEDO			615.3	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO HUMEDO			890.0	Kg/m <sup>3</sup>	
	VIDRIO 25%			193.3	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>						
				%	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			0.30	1.8	
	AGREGADO GRUESO			1.00	8.9	
	VIDRIO 25%			0.10	0.2	
					10.9	
	<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>				235.9	Lts/m <sup>3</sup>
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>						
	CEMENTO			355	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGUA			236	Lts/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO FINO			615	Kg/m <sup>3</sup>	
	AGREGADO GRUESO			890	Kg/m <sup>3</sup>	
	VIDRIO 25%			193	Kg/m <sup>3</sup>	
	<b>PESO DE MEZCLA</b>			2290	Kg/m <sup>3</sup>	
<b>G) CANTIDAD DE MATERIALES (52 lt.)</b>						
	CEMENTO			18.46	Kg	
	AGUA			12.27	Lts	
	AGREGADO FINO			32.00	Kg	
	AGREGADO GRUESO			46.28	Kg	
	VIDRIO 25%			10050.0	g	
	<b>PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>					<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>
	C	1.0				C
	A.F	1.73				A.F
	A.G	2.51				A.G
	H2o	28.25 Kg.				H2o

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

**LABORATORIO DE ENSAYOS EN AGREGADOS Y CONCRETO**  
ACI 211

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
	<b>Fecha de ensayo:</b> 06/06/2020

f'c 210 kg/cm <sup>2</sup>						
MATERIAL	PESO ESPECIFICO g/cc	MODULO FINEZA	HUM. NATURAL %	ABSORCIÓN %	P. UNITARIO S. Kg/m <sup>3</sup>	P. UNITARIO C. Kg/m <sup>3</sup>
CEMENTO SOL TIPO I	3.12					
AGREGADO FINO - CANTERA TRAPICHE	2.64	2.88	0.9	1.2	1493.0	1792.0
AGREGADO GRUESO - CANTERA TRAPICHE	2.67	6.81	0.1	1.1	1496.0	1623.0
VIDRIO 25%	2.51	3.17	0.0	0.1	1311.0	1468.0

MATERIALES: AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO DE LA CANTERA TRAPICHE							
<b>A) VALORES DE DISEÑO</b>							
1	ASENTAMIENTO			6 1/4	pulg		
2	TAMANO MAXIMO NOMINAL			3/4 "			
3	RELACION AGUA CEMENTO			0.634			
4	AGUA			225			
5	TOTAL DE AIRE ATRAPADO %			2.0			
6	VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO			0.33			
<b>B) ANALISIS DE DISEÑO</b>							
	<b>FACTOR CEMENTO</b>	355.000		Kg/m <sup>3</sup>	8.4	Bls/m <sup>3</sup>	
	Volumen absoluto del cemento		0.1138		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	Volumen absoluto del Agua		0.2260		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	Volumen absoluto del Aire		0.0200		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
						0.359	
	<b>VOLUMEN ABSOLUTOS DE AGREGADOS</b>						
	Volumen absoluto del Agregado fino		0.1848		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	Volumen absoluto del Agregado grueso		0.3330		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	Volumen absoluto del Vidrio		0.1232		m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>		
	<b>SUMATORIA DE VOLUMENES ABSOLUTOS</b>					1.000	
<b>C) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO SECO</b>							
	CEMENTO		355		Kg/m <sup>3</sup>		
	AGUA		225		L/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO FINO		488		Kg/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO GRUESO		889		Kg/m <sup>3</sup>		
	VIDRIO 40%		309		Kg/m <sup>3</sup>		
	<b>PESO DE MEZCLA</b>		2266		Kg/m <sup>3</sup>		
<b>D) CORRECCION POR HUMEDAD</b>							
	AGREGADO FINO HUMEDO		492.3		Kg/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO GRUESO HUMEDO		890.0		Kg/m <sup>3</sup>		
	VIDRIO 40%		309.2		Kg/m <sup>3</sup>		
<b>E) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS</b>							
	AGREGADO FINO		0.30		Lts/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO GRUESO		1.00		8.9		
	VIDRIO 40%		0.10		0.3		
					10.7		
	<b>AGUA DE MEZCLA CORREGIDA</b>				235.7	Lts/m <sup>3</sup>	
<b>F) CANTIDAD DE MATERIALES m<sup>3</sup> POR EN PESO HUMEDO</b>							
	CEMENTO		355		Kg/m <sup>3</sup>		
	AGUA		236		Lts/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO FINO		492		Kg/m <sup>3</sup>		
	AGREGADO GRUESO		890		Kg/m <sup>3</sup>		
	VIDRIO 40%		309		Kg/m <sup>3</sup>		
	<b>PESO DE MEZCLA</b>		2282		Kg/m <sup>3</sup>		
<b>G) CANTIDAD DE MATERIALES (52 lt.)</b>							
	CEMENTO		18.46		Kg		
	AGUA		12.25		Lts		
	AGREGADO FINO		25.60		Kg		
	AGREGADO GRUESO		46.28		Kg		
	VIDRIO 40%		18080.1		g		
	<b>PORPORCIÓN EN PESO p3 (húmedo)</b>					<b>PROPORCIÓN EN VOLUMEN p3 (húmedo)</b>	
	C	1.0				C	1.0
	A.F	1.39				A.F	1.39
	A.G	2.51				A.G	2.51
	H2o	28.25 Kg.				H2o	28.25 LT.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERA CIVIL 12.12.2013	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERA CIVIL 12.12.2013	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD CONTROL DE CALIDAD - MTL GEOTECNIA
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad - MTL GEOTECNIA

**SOLICITA TESIS** : José Manuel Quispe Curo  
: "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm<sup>2</sup>, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"  
**UBICACION** : Lima - Perú  
**FECHA** : 06-06-2020  
**CANTERA** : TRAPICHE

**PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO**  
ASTM C-138

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO					
MUESTRA	P.U	Peso de molde (Kg)	Peso de molde + muestra (Kg)	Volumen de molde (m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )
PATRÓN	REAL	3.435	19.727	0.007084	2300
	TEORICO	-	-	-	2302
<b>RENDIMIENTO</b>					<b>100.1</b>

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO					
MUESTRA	P.U	Peso de molde (Kg)	Peso de molde + muestra (Kg)	Volumen de molde (m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )
15% DE VIDRIO	REAL	3.435	19.476	0.007084	2264
	TEORICO	-	-	-	2294
<b>RENDIMIENTO</b>					<b>101.3</b>

PESO UNITARIO SUELTO					
MUESTRA	P.U	Peso de molde (Kg)	Peso de molde + muestra (Kg)	Volumen de molde (m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )
25% DE VIDRIO	REAL	3.435	19.316	0.007084	2242
	TEORICO	-	-	-	2290
<b>RENDIMIENTO</b>					<b>102.2</b>

PESO UNITARIO DEL CONCRETO FRESCO					
MUESTRA	P.U	Peso de molde (Kg)	Peso de molde + muestra (Kg)	Volumen de molde (m <sup>3</sup> )	Peso Unitario Compactado (Kg/m <sup>3</sup> )
40% DE VIDRIO	REAL	3.435	19.076	0.007084	2208
	TEORICO	-	-	-	2282
<b>RENDIMIENTO</b>					<b>103.4</b>

**OBSERVACIONES:**

\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	<p>MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO</p> <p>YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERA CIVIL</p>	<p>MTL GEOTECNIA SAC</p> <p>CONTROL DE CALIDAD</p>
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CONTENIDO DE AIRE POR METODO DE PRESION	Código	FOR-LAB-CO-008
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2018

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
ASTM C231 / NTP 339.083

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio	
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo	
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"	
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú	<b>Fecha de emisión:</b> 06/06/2020

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE POR METODO DE PRESION		
MUESTRA	CONTENIDO DE AIRE (%)	PROMEDIO (%)
PATRÓN	2.4	2.4
	2.3	

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE POR METODO DE PRESION		
MUESTRA	CONTENIDO DE AIRE (%)	PROMEDIO (%)
15% DE VIDRIO	2.8	2.8
	2.7	

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE POR METODO DE PRESION		
MUESTRA	CONTENIDO DE AIRE (%)	PROMEDIO (%)
25% DE VIDRIO	3.4	3.3
	3.2	

ENSAYO DE CONTENIDO DE AIRE POR METODO DE PRESION		
MUESTRA	CONTENIDO DE AIRE (%)	PROMEDIO (%)
40% DE VIDRIO	4.1	4.2
	4.2	

**OBSERVACIONES:**

- \* El ensayo fue realizado haciendo uso de la olla washington
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO YESEÑA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP. 115503 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD <b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2018

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
<b>Fecha de emisión:</b> 04/07/2020	

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F'c
PATRÓN f'c 210	6/06/2020	13/06/2020	7	13818.0	78.5	175.9	210.0	83.8
PATRÓN f'c 210	6/06/2020	13/06/2020	7	13830.0	78.5	176.1	210.0	83.9
PATRÓN f'c 210	6/06/2020	13/06/2020	7	13822.0	78.5	176.0	210.0	83.8
PATRÓN f'c 210	6/06/2020	20/06/2020	14	16582.0	78.5	211.1	210.0	100.5
PATRÓN f'c 210	6/06/2020	20/06/2020	14	16596.0	80.1	207.1	210.0	98.6
PATRÓN f'c 210	6/06/2020	20/06/2020	14	16587.0	80.1	207.0	210.0	98.6
PATRÓN f'c 210	6/06/2020	4/07/2020	28	18425.0	80.1	230.0	210.0	109.5
PATRÓN f'c 210	6/06/2020	4/07/2020	28	18441.0	80.1	230.2	210.0	109.6
PATRÓN f'c 210	6/06/2020	4/07/2020	28	18430.0	80.1	230.0	210.0	109.5

**EQUIPO DE ENSAYO**

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

**OBSERVACIONES:**

- \* No se observaron fallas atípicas en las roturas
- \* El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP. 116803	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2018

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
<b>Fecha de emisión:</b> 04/07/2020	

IDENTIFICACIÓN DE ESPECÍMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F'c
15% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7	15077.0	78.5	192.0	210.0	91.4
15% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7	15062.0	78.5	191.8	210.0	91.3
15% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7	15066.0	78.5	191.8	210.0	91.3
15% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14	18092.0	78.5	230.4	210.0	109.7
15% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14	18074.0	78.5	230.1	210.0	109.6
15% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14	18079.0	78.5	230.2	210.0	109.6
15% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28	20103.0	80.1	250.9	210.0	119.5
15% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28	20083.0	80.1	250.7	210.0	119.4
15% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28	20088.0	80.1	250.7	210.0	119.4

**EQUIPO DE ENSAYO**

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

**OBSERVACIONES:**

- \* No se observaron fallas atípicas en las roturas
- \* El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
		
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2018

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio	
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo	
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"	
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú	Fecha de emisión: 04/07/2020

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F'c
25% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7	14541.0	78.5	185.1	210.0	88.2
25% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7	14528.0	80.1	181.3	210.0	86.3
25% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7	14546.0	78.5	185.2	210.0	88.2
25% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14	17450.0	80.1	217.8	210.0	103.7
25% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14	17433.0	80.1	217.6	210.0	103.6
25% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14	17455.0	78.5	222.2	210.0	105.8
25% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28	19389.0	80.1	242.0	210.0	115.2
25% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28	19371.0	78.5	246.6	210.0	117.4
25% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28	19395.0	78.5	246.9	210.0	117.6

**EQUIPO DE ENSAYO**

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

**OBSERVACIONES:**

- \* No se observaron fallas atípicas en las roturas
- \* El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPRESIÓN DE ESPECÍMENES CILÍNDRICOS DE CONCRETO</b>	Código	FOR-LAB-CO-009
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2018

**LABORATORIO DE CONCRETO Y AGREGADOS**  
ASTM C39-07 / NTP 339.034-11

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo
<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm <sup>2</sup> , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"
<b>UBICACIÓN</b>	: Lima - Perú
<b>Fecha de emisión:</b> 04/07/2020	

IDENTIFICACIÓN DE ESPECIMEN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD EN DÍAS	FUERZA MÁXIMA kgf	ÁREA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	F'c Diseño kg/cm <sup>2</sup>	% F'c
40% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7	14083.0	78.5	179.3	210.0	85.4
40% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7	14096.0	80.1	175.9	210.0	83.8
40% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7	14101.0	80.1	176.0	210.0	83.8
40% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14	18583.0	78.5	211.1	210.0	100.5
40% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14	18576.0	78.5	211.1	210.0	100.5
40% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14	18566.0	78.5	210.9	210.0	100.4
40% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28	18426.0	78.5	234.6	210.0	111.7
40% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28	18418.0	78.5	234.5	210.0	111.7
40% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28	18407.0	78.5	234.4	210.0	111.6

**EQUIPO DE ENSAYO**

Capacidad máxima 250 000 Lb, división de escala 0.1 kN

**OBSERVACIONES:**

- \* No se observaron fallas atípicas en las roturas
- \* El ensayo fue realizado haciendo uso de almohadillas de neopreno como material refrentante
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> ENSAYO DE MATERIALES V° B°	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP 175803	 <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-125
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILINDRICO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

TESIS : "Adición de vidrio reciclado en un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Lima, Perú - 2020"

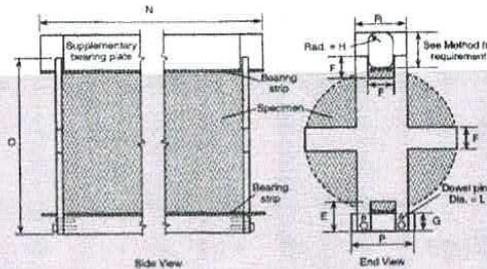
SOLICITANTE : José Manuel Quispe Curo	REALIZADO POR : P. Tasayco
CÓDIGO DE PROYECTO : —	REVISADO POR : D. Ccoto
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima - Perú	FECHA DE ENSAYO : 4/07/2020
FECHA DE EMISIÓN : 4/07/2020	TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido  
Presentación : Especímenes Cilíndricos  
 $f'c$  de diseño : 210 kg/cm<sup>2</sup>

**RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C496**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM <sup>2</sup> )
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	5454.0	17 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	5496.0	17 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	5471.0	17 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6222.0	20 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6304.0	20 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6331.0	20 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	6914.0	22 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	7005.0	22 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	7035.0	22 kg/cm <sup>2</sup>

C 496/C 496M - 04'



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP. 115903	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>FORMATO</b>	Código	AE-FO-125
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILINDRICO</b>	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

TESIS : "Adición de vidrio reciclado en un concreto  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"

SOLICITANTE : José Manuel Quispe Curo  
CÓDIGO DE PROYECTO : ---  
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima - Perú  
FECHA DE EMISIÓN : 4/07/2020

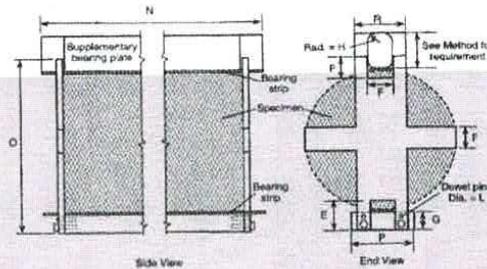
REALIZADO POR : P. Tasayco  
REVISADO POR : D. Cooto  
FECHA DE ENSAYO : 4/07/2020  
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido  
Presentación : Especímenes Cilíndricos  
 $F'c$  de diseño : 210  $\text{kg/cm}^2$

**RESISTENCIA A LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C496**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)
15% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	6018.0	19 $\text{kg/cm}^2$
15% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	6005.0	19 $\text{kg/cm}^2$
15% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	5959.0	19 $\text{kg/cm}^2$
15% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6786.0	22 $\text{kg/cm}^2$
15% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6825.0	22 $\text{kg/cm}^2$
15% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6806.0	22 $\text{kg/cm}^2$
15% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	7540.0	24 $\text{kg/cm}^2$
15% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	7584.0	24 $\text{kg/cm}^2$
15% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	7563.0	24 $\text{kg/cm}^2$

C 496/C 496M - 04<sup>1</sup>



**OBSERVACIONES:**

- Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b>  Jefe de Laboratorio	<b>Revisado por:</b>  <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.P. 123033 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	<b>Aprobado por:</b>  <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-125
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILINDRICO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

TESIS : "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm2, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"

SOLICITANTE : José Manuel Quispe Curo  
CÓDIGO DE PROYECTO : ---  
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima - Perú  
FECHA DE EMISIÓN : 4/07/2020

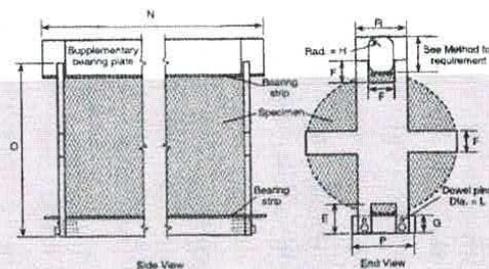
REALIZADO POR : P. Tasyco  
REVISADO POR : D. Cooto  
FECHA DE ENSAYO : 4/07/2020  
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido  
Presentación : Especímenes Cilíndricos  
F'c de diseño : 210 kg/cm2

RESISTENCIA A LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM2)
25% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	5715.0	18 kg/cm2
25% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	5703.0	18 kg/cm2
25% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	5737.0	18 kg/cm2
25% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6529.0	21 kg/cm2
25% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6555.0	21 kg/cm2
25% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6521.0	21 kg/cm2
25% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	7255.0	23 kg/cm2
25% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	7284.0	23 kg/cm2
25% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	7246.0	23 kg/cm2

C 496/C 496M - 04<sup>1</sup>



OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.

Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.O. 1.5300	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC  CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	FORMATO	Código	AE-FO-125
	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE ESPECIMENES DE CONCRETO CILINDRICO	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 1

TESIS : "Adición de vidrio reciclado en un concreto F'c= 210 kg/cm<sup>2</sup>, para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"

SOLICITANTE : José Manuel Quispe Curo  
CÓDIGO DE PROYECTO : ---  
UBICACIÓN DE PROYECTO : Lima - Perú  
FECHA DE EMISIÓN : 4/07/2020

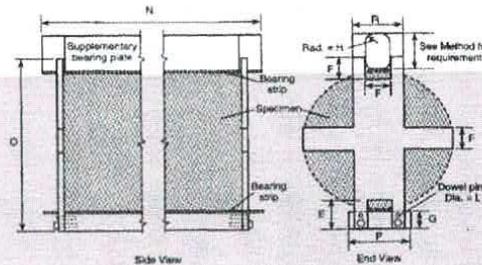
REALIZADO POR : P. Tasayco  
REVISADO POR : D. Ccoto  
FECHA DE ENSAYO : 4/07/2020  
TURNO : Diurno

Tipo de muestra : Concreto endurecido  
Presentación : Especímenes Cilíndricos  
F'c de diseño : 210 kg/cm<sup>2</sup>

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE CONCRETO ENDURECIDO ASTM C496

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	DIAMETRO (CM)	CARGA (KG)	RESISTENCIA (KG/CM <sup>2</sup> )
40% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	5541.0	18 kg/cm <sup>2</sup>
40% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	5583.0	18 kg/cm <sup>2</sup>
40% de Vidrio	6/06/2020	13/06/2020	7 días	10.0	5558.0	18 kg/cm <sup>2</sup>
40% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6315.0	20 kg/cm <sup>2</sup>
40% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6399.0	20 kg/cm <sup>2</sup>
40% de Vidrio	6/06/2020	20/06/2020	14 días	10.0	6426.0	20 kg/cm <sup>2</sup>
40% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	7017.0	22 kg/cm <sup>2</sup>
40% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	7110.0	23 kg/cm <sup>2</sup>
40% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	10.0	7140.0	23 kg/cm <sup>2</sup>

C 496/C 496M - 04<sup>1</sup>



OBSERVACIONES:

- \* Muestras elaboradas y curadas por el personal técnico de MTL GEOTECNIA.
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.

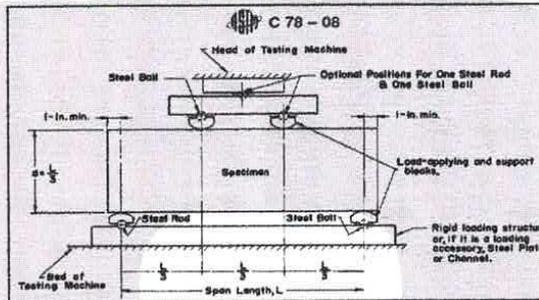
Elaborado por: 	Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>FORMATO</b>	<b>Código</b>	<b>AE-FO-124</b>
	<b>MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA DETERMINACIÓN DEL MÓDULO DE ROTURA DEL HORMIGÓN - CONCRETO</b>	<b>Versión</b>	<b>01</b>
		<b>Fecha</b>	<b>30-04-2018</b>
		<b>Página</b>	<b>1 de 1</b>

<b>TESIS</b>	: "Adición de vidrio reciclado en un concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, Lima, Perú - 2020"		
<b>SOLICITANTE</b>	: José Manuel Quispe Curo	<b>REALIZADO POR</b>	: P. Tasayco
<b>CÓDIGO DE PROYECTO</b>	: ---	<b>REVISADO POR</b>	: D. Ccoto
<b>UBICACIÓN DE PROYECTO</b>	: Lima - Perú	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 4/07/2020
<b>FECHA DE EMISIÓN</b>	: 4/07/2020	<b>TURNO</b>	: Diurno
<b>Tipo de muestra</b>	: Concreto endurecido		
<b>Presentación</b>	: Especímenes prismáticos		
<b><math>f'c</math> de diseño</b>	: $210 \text{ kg/cm}^2$		

**RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO ENDURECIDO ASTM C78**

IDENTIFICACIÓN	FECHA DE VACIADO	FECHA DE ROTURA	EDAD	UBICACIÓN DE FALLA	LUZ LIBRE	MÓDULO DE ROTURA
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	42 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	43 kg/cm <sup>2</sup>
PATRÓN $f'c$ 210	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	42 kg/cm <sup>2</sup>
15% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	43 kg/cm <sup>2</sup>
15% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	44 kg/cm <sup>2</sup>
15% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	44 kg/cm <sup>2</sup>
25% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	43 kg/cm <sup>2</sup>
25% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	43 kg/cm <sup>2</sup>
25% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	43 kg/cm <sup>2</sup>
40% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	42 kg/cm <sup>2</sup>
40% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	42 kg/cm <sup>2</sup>
40% de Vidrio	6/06/2020	4/07/2020	28 días	2	45.0	42 kg/cm <sup>2</sup>



**OBSERVACIONES:**

- \* Muestras Proporcionadas por el solicitante
- \* Las muestras cumplen con las dimensiones dadas en la norma de ensayo.
- \* Prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización escrita de MTL GEOTECNIA.

 <b>Elaborado por:</b>	 <b>Revisado por:</b> <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> <b>SUELOS CONCRETO ASFALTO</b> <b>YESENIA CUBA BARRAZA</b> <b>INGENIERO CIVIL</b> <b>DIP. 174903</b>	 <b>Aprobado por:</b> <b>MTL GEOTECNIA SAC</b> <b>CONTROL DE CALIDAD</b>
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad MTL GEOTECNIA</b>

## CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 4370 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.  
Dirección : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTIN DE PORRES

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN :** BALANZA  
Tipo : ELECTRÓNICA  
Marca : SARTORIUS  
Modelo : LC2201S  
N° de Serie : 50310007  
Capacidad Máxima : 2200 g  
Resolución : 0,01 g  
División de Verificación : 0,1 g  
Clase de Exactitud : II  
Capacidad Mínima : 5 g  
Procedencia : ALEMANIA  
N° de Parte : No Indica  
Identificación : No Indica  
Ubicación : LABORATORIO  
Variación de  $\Delta T$  Local : 5 °C  
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de Instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o Internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus Instrumentos a intervalos apropiados.

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**  
Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este Instrumento, ni de una Incorrecta Interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****TC - 4371 - 2020**

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 5

**SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.**

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

**EQUIPO** : HORNO  
Marca : GEMMY  
Modelo : YCD-010  
N° de Serie : 510847  
Tipo de Ventilación : Turbulencia  
Procedencia : ALEMANIA  
Identificación : NO INDICA  
**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : TERMÓMETRO DIGITAL  
Marca : No indica  
Alcance : 1°C a 250°C  
Resolución : 1 °C  
**TIPO DE CONTROLADOR** : DIGITAL  
Marca : No indica  
Alcance : 1°C a 250°C  
Resolución : 1 °C  
Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25  
Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de Instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus Instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

**MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	29,3 °C	29,6 °C
Humedad Relativa	45,3 %	43,2 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este Instrumento, ni de una Incorrecta Interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
CFP: 0316



**PERUTEST S.A.C.**  
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

# PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO  
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA  
RUC N° 20602182721

Área de Metrología  
Laboratorio de Presión

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LP - 015 - 2020

Página 1 de 3

1. Expediente	0326-2020
2. Solicitante	MTL GEOTECNIA S.A.C.
3. Dirección	CAL. LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS -SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA
4. Instrumento de Medición	OLLA WASHINGTON (PRESS-AIR METER)
Volumen	7,1 l
Marca	FORNEY
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	142
Procedencia	U.S.A.
Identificación	NO INDICA
Tipo de Indicación	Analógico
Alcance de indicación	100% a 0% (Contenido de aire) 0 a 15 psi
5. Fecha de Calibración	2020-01-14

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

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

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2020-01-15

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima  
Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  
Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 502 - 2226 / (511) 502 - 2224  
E-mail : [ventas@perutest.com.pe](mailto:ventas@perutest.com.pe) Web: [www.perutest.com.pe](http://www.perutest.com.pe)



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
NTP ISO / IEC 17025:2017

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-5684-2019

PROFORMA : 2004A

Fecha de emisión : 2019 - 08 - 02

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : PRENSA DE CONCRETO

Marca : ELE  
Modelo : ADR TOUCH  
N° Serie : 1887-1-00074  
Intervalo de indicación : 120000 kgf  
Resolución : 0,1 kgf  
Procedencia : No Indica  
Código de Identificación : No Indica  
Ubicación : Laboratorio  
Fecha de Calibración : 2019 - 08 - 01

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de LEMICONS S.R.L.

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

### METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 "Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga".

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

### CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	19,2°C	19,1°C
HUMEDAD RELATIVA	72,0%	72,0%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
Gerente Técnico  
C.F.P. N° 0316

**MTL GEOTECNIA S.A.C.**

CAL. LA MADRID 264 ASC. LOS OLIVOS AV ANTUNEZ DE MAYOLO CON AV DANIEL ALCID  
SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA

**BOLETA DE VENTA ELECTRONICA**

RUC: 20600375262

EB01-9

Fecha de Vencimiento :  
Fecha de Emisión : **06/07/2020**  
Señor(es) : **JOSE MANUEL QUISPE CURO**  
DNI : **48156699**  
Tipo de Moneda : **SOLES**  
Observación :

Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	ENSAYOS DE TESIS ADICIÓN DE VIDRIO RECICLADO EN UN CONCRETO F'c= 210 KG/CM2, PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES FISICAS Y MECÁNICAS, LIMA, PERÚ - 2020	2288.137	0.00	2,700.00	0.00
Otros Cargos :						S/0.00
Otros Tributos :						S/0.00
ICBPER :						S/ 0.00
Importe Total :						S/2,700.00

**SON: DOS MIL SETECIENTOS Y 00/100 SOLES**

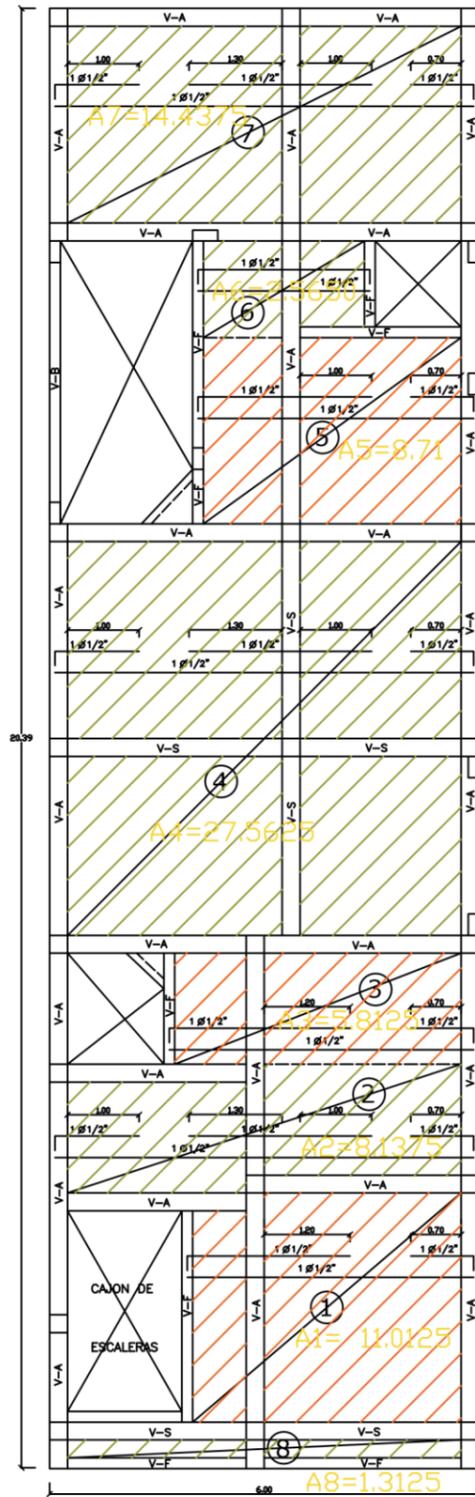
(\*) Sin impuestos.

(\*\*) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.

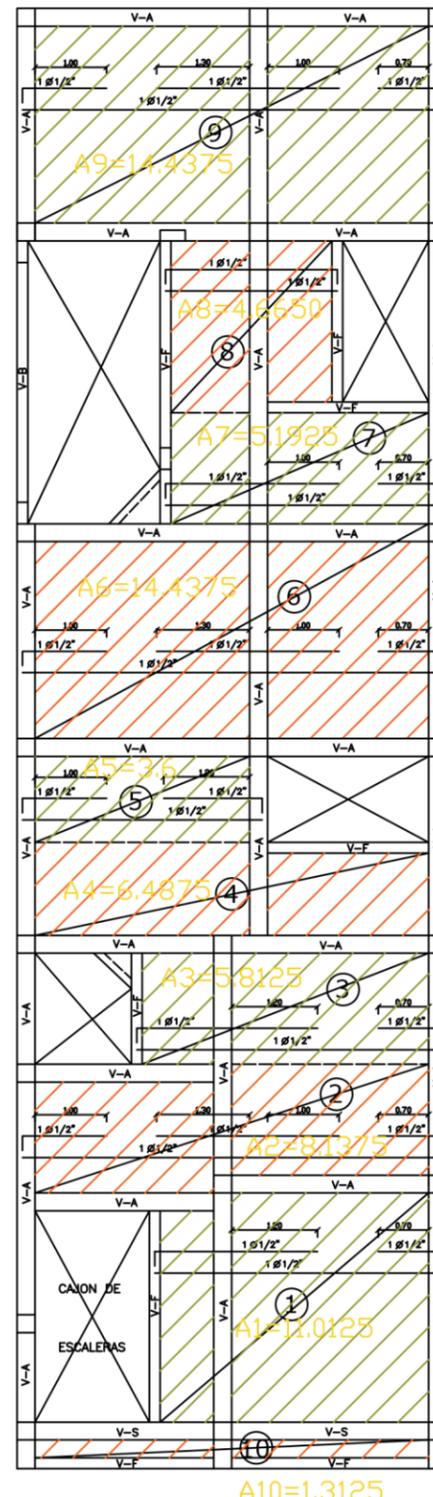
Op. Gravada :	S/ 2,288.14
Op. Exonerada :	S/ 0.00
Op. Inafecta :	S/ 0.00
ISC :	S/ 0.00
IGV :	S/ 411.86
ICBPER :	S/ 0.00
Otros Cargos :	S/ 0.00
Otros Tributos :	S/ 0.00
Importe Total :	S/ 2,700.00

*Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: [www.sunat.gob.pe](http://www.sunat.gob.pe) en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.*

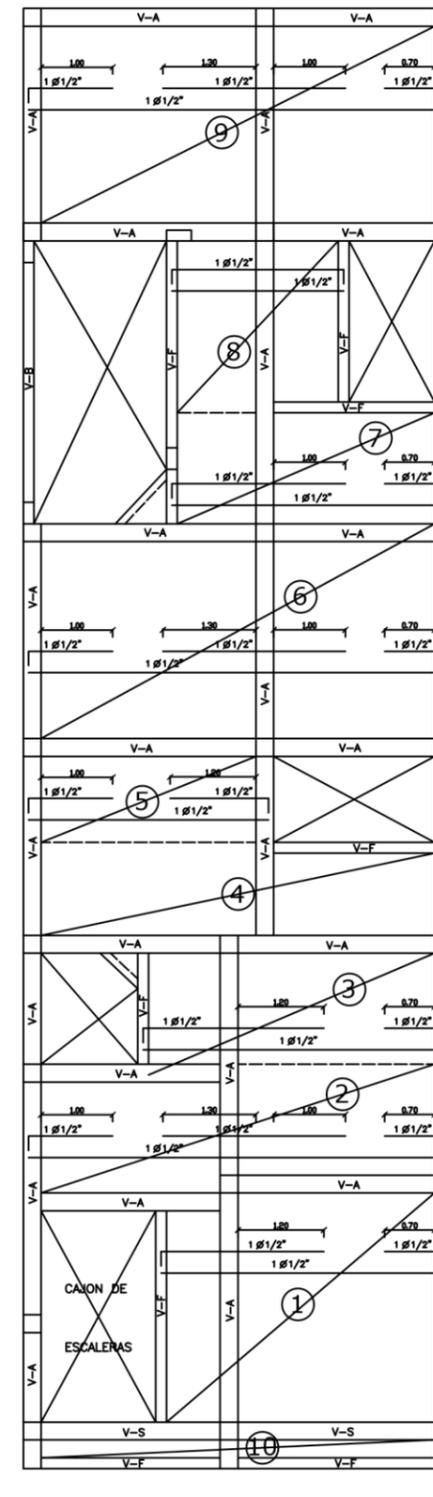
ANEXO 5. Plano de losa aligerada



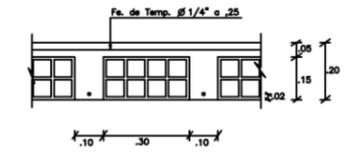
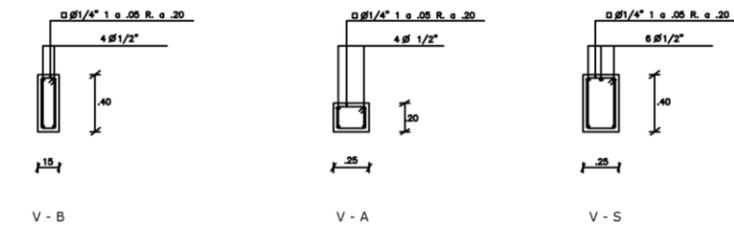
PRIMER NIVEL



SEGUNDO NIVEL

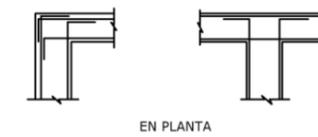


TERCER NIVEL



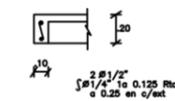
CORTE TÍPICO DEL ALIGERADO

EMPALMES EN LOSAS Y VIGAS		
Ø	L cm.	
1/4"	30	
1/2"	50	
5/8"	60	



EN PLANTA

DOBLADOS TÍPICOS DE ARMADURA



VIVIENDA UNIFAMILIAR DE 6M X 20M			
UBICACION :	PUENTE PIEDRA, LIMA-PERÚ		
PLANO DE :	ALIGERADO 1, 2 y 3		
ESPECIALIDAD :	ESTRUCTURAS	FECHA :	JUNIO 2020
		ESCALA :	1 / 50