

**UNIVERSIDAD SAN PEDRO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL**



**Estudio comparativo de las propiedades del agregado  
reciclado usados como sustituto del agregado grueso  
natural del concreto referido**

**Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil**

**Autor:**

Marco Hugo Alva Rosas

**Asesor:**

Rogelio Fermín Castañeda Gamboa

Chimbote – Perú

2020

### **Palabras Clave**

|              |                         |
|--------------|-------------------------|
| Tema         | Agregado Reciclado      |
| Especialidad | Tecnología del Concreto |

### **Keywords**

|           |                     |
|-----------|---------------------|
| Topic     | Recycled Aggregate  |
| Specialty | Concrete Technology |

### **Línea de Investigación**

|                        |   |
|------------------------|---|
| Línea de investigación | Construcción y gestión de la construcción |
| Área                   | Ingeniería, Tecnología                    |
| Sub área               | Ingeniería civil                          |
| Disciplina             | Ingeniería civil                          |

**Titulo**

“Estudio comparativo de las propiedades del agregado reciclado usados como sustituto del agregado grueso natural del concreto referido”

## Resumen

En el presente trabajo se origina a raíz de observar en las ciudades, se continúa con el problema de los botaderos informales de los residuos de concreto y demolición de procedencia de edificaciones u otras construcciones generando contaminación al medio ambiente además de que afecta al paisaje urbanístico de las ciudades, así pues, esta investigación es de tipo descriptivo teniendo diseño de investigación no experimental y del tipo transversal, teniendo como objetivo principal realizar el estudio comparativo de las propiedades del agregado reciclado como sustituto del agregado grueso natural en concretos referidos, teniendo como procedimiento la de recopilar información de investigaciones que se hayan usado este material de residuos de construcción como agregado grueso para elaboración de concreto y posteriormente proceder con la elaboración de una ficha técnica en donde serán reflejados los resultados de los ensayos que se realizaron al tipo del agregado reciclado en donde se podrá analizar cada suceso que han experimentado, concluyendo que el agregado Grueso Reciclado sin ningún agente externo presentan resultados semejantes al agregado grueso natural cumpliendo con lo que establece la norma, además de que se propone una curva granulométrica para agregado grueso reciclado que tiene un tamaño máximo nominal de 1"; y que el concreto de resistencia  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con agregado grueso reciclado si llegan a esa resistencia, por lo que el agregado grueso reciclado puede ser reemplazo del agregado grueso.

## **Abstract**

In this research work originates from observing in cities, the problem of informal dumps of concrete and demolition waste from buildings or other constructions continues, generating pollution to the environment in addition to affecting the landscape. Therefore, this research is of a descriptive type with a non-experimental research design and of a cross-sectional type, with the main objective of carrying out a comparative study of the properties of recycled aggregate as a substitute for natural coarse aggregate in referred concrete, having as a procedure to collect information from investigations that have used this construction waste material as a coarse aggregate for the preparation of concrete and then proceed with the elaboration of a technical sheet where the results of the tests that were carried out will be reflected. aggregate type or recycled where each event they have experienced can be analyzed, concluding that the Recycled Coarse aggregate without any external agent present results similar to the natural coarse aggregate, complying with what the standard establishes, in addition to proposing a granulometric curve for recycled coarse aggregate with a maximum nominal size of 1", and that the concrete of resistance  $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$  elaborated with recycled coarse aggregate if they reach that resistance, so recycled coarse aggregate can be a replacement for coarse aggregate.

## Índice General

|   |            |
|---|------------|
| <b>Palabras Clave .....</b>             | <b>i</b>   |
| <b>Título .....</b>                     | <b>ii</b>  |
| <b>Resumen .....</b>                    | <b>iii</b> |
| <b>Abstract.....</b>                    | <b>iv</b>  |
| <b>Índice General.....</b>              | <b>v</b>   |
| <b>Introducción.....</b>                | <b>1</b>   |
| <b>Metodología.....</b>                 | <b>26</b>  |
| <b>Resultados .....</b>                 | <b>31</b>  |
| <b>Análisis y Discusión .....</b>       | <b>56</b>  |
| <b>Conclusiones.....</b>                | <b>63</b>  |
| <b>Recomendaciones .....</b>            | <b>64</b>  |
| <b>Referencias Bibliográficas .....</b> | <b>66</b>  |
| <b>Agradecimientos .....</b>            | <b>69</b>  |
| <b>Anexos .....</b>                     | <b>70</b>  |

## Índice de Tablas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> <i>Límites de Granulometría del Agregado Fino</i> .....  | 10 |
| <b>Tabla 2</b> <i>Límite de Graduación del Agregado Grueso</i> .....  | 13 |
| <b>Tabla 3</b> <i>Resumen de operacionalización de la variable</i> .....  | 24 |
| <b>Tabla 4</b> <i>Resultados del Ensayo de Contenido de humedad</i> .....   | 37 |
| <b>Tabla 5</b> <i>Resultados del Ensayo de Peso Unitario</i> .....  | 37 |
| <b>Tabla 6</b> <i>Resultados del Ensayo de Peso Unitario</i> .....  | 38 |
| <b>Tabla 7</b> <i>Resultados del Ensayo de Granulometría para el Agregado Grueso Reciclado</i><br>.....                               | 40 |
| <b>Tabla 8</b> <i>Datos a usar para Aplicar el Método De Mínimos Cuadrados</i> .....  | 41 |
| <b>Tabla 9</b> <i>Porcentaje que Pasa en cada tamiz de acuerdo al reemplazo en la Ecuación</i><br><i>5</i> .....                      | 45 |
| <b>Tabla 10</b> <i>Porcentaje Considerados para Curva Granulométrica Ideal</i> .....  | 45 |
| <b>Tabla 11</b> <i>Resultados del Ensayo de Abrasión</i> .....  | 39 |
| <b>Tabla 12</b> <i>Resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión de concreto referido</i><br><i>a la edad de 7 días</i> .....  | 49 |
| <b>Tabla 13</b> <i>Resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión de concreto referido</i><br><i>a la edad de 14 días</i> ..... | 51 |
| <b>Tabla 14</b> <i>Resultados del ensayo de Resistencia a la Compresión de concreto referido</i><br><i>a la edad de 28 días</i> ..... | 53 |

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1.</b> Curvas Granulométricas del Agregado Grueso Reciclado- Procedencia de Residuos de Concreto Estructural .....   | 32 |
| <b>Figura 2.</b> Curvas Granulométricas del Agregado Grueso Reciclado – Procedencia de Residuos de Vías Peatonales. Datos obtenidos de las Tesis de Pregrado del investigador Alanya (2020) .....                      | 33 |
| <b>Figura 3.</b> Curvas Granulométricas del Agregado Grueso Reciclado – Procedencia de Residuos de Concreto Estructural. Datos obtenidos de las Tesis de Pregrado de los investigadores Castro y Paredes (2018). ..... | 34 |
| <b>Figura 4.</b> Curvas Granulométricas del Agregado Grueso Reciclado – Procedencia de Residuos de concreto estructural. Datos obtenidos de las Tesis de Pregrado del investigador Meléndez (2016). .....              | 35 |
| <b>Figura 5.</b> Curvas Granulométricas del Agregado Grueso Reciclado de Investigaciones Referidas. Se agregan las curvas granulométricas de las figuras anteriores para su posterior análisis.....                    | 36 |
| <b>Figura 6.</b> Comparativo del Porcentaje de Desgaste de agregados reciclados referidos. ....  | 39 |
| <b>Figura 7.</b> Curva Polinómica generada por los Datos Granulométricos del Agregado Grueso Reciclado. ....   | 44 |
| <b>Figura 8.</b> Curva Granulométrica Ideal para el Agregado Grueso Reciclado para Tamaño Máximo Nominal 1" .....  | 46 |
| <b>Figura 9.</b> Comparativo de la Resistencia a la Compresión de Concreto referido a la edad de 7 días.....   | 50 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 10.</b> Comparativo de la Resistencia a la Compresión de Concreto referido a la edad de 14 días.....                         | 52 |
| <b>Figura 11.</b> Comparativo de la Resistencia a la Compresión de Concreto referido a la edad de 28 días.....                         | 54 |
| <b>Figura 12.</b> Comparativo de la Resistencia a la Compresión de Concreto referido a la edad de 7,14 y 28 días mediante curvas ..... | 55 |
| <b>Figura 13.</b> Recolección del RCD .....  | 90 |
| <b>Figura 14.</b> Trituración del RCD para la obtención del agregado reciclado.....  | 90 |
| <b>Figura 15.</b> Obtención de los Agregados .....   | 91 |
| <b>Figura 17.</b> <i>Ensayo de granulometría</i> .....   | 91 |
| <b>Figura 16.</b> Ensayo de pesos Unitario.....  | 91 |
| <b>Figura 18.</b> Ensayo de absorción de los agregado natural y reciclado .....  | 92 |
| <b>Figura 19.</b> Utilización del picnómetro para el peso específico del agregado fino ....  | 92 |
| <b>Figura 21.</b> Granulometría del Agregado Reciclado .....   | 92 |
| <b>Figura 20.</b> Ensayo a la abrasión del agregado natural y reciclado.....   | 92 |
| <b>Figura 22.</b> Control de probetas para tener una comparación eficaz.....   | 93 |
| <b>Figura 23.</b> Combinación del agregado reciclado y natural por cuarteo .....   | 93 |
| <b>Figura 24.</b> Asentamiento de 2.8” del concreto con agregado reciclado .....   | 93 |
| <b>Figura 25.</b> Vaciado del concreto en las probetas .....   | 93 |
| <b>Figura 26.</b> Finalización de vaciado de las probetas de concreto.....   | 94 |
| <b>Figura 27.</b> Desencofrado de probetas.....  | 94 |
| <b>Figura 28.</b> Rotura de una de las probetas de concreto experimental.....  | 94 |

## **Introducción**

### **Antecedentes Y Fundamentación Científica**

#### *Antecedentes*

##### *A nivel Internacional*

**Shahidan et al. (2017)** desarrollaron la investigación titulada “Utilizing construction and demolition (C&D) waste as recycled aggregates (RA) in concrete”, la cual tuvo como objetivo determinar la resistencia optima del concreto en estado endurecido y en estado fresco, usando diferentes tamaños de agregados; siendo dicha investigación del tipo aplicada con diseño de investigación en nivel experimental puro, el procedimiento que realizo es usar los áridos reciclados con tratamiento de resina epoxi para reducir la absorción de agua, luego estudiar el árido en diferentes tamaño siendo los siguiente ensayos como resistencia a la compresión y también resistencia a la tracción, además el porcentaje de absorción del agua del hormigón.

Finalmente llego a la siguiente conclusión, que el tamaño del agregado de 10 mm se tuvo mejor resultado optimo porque las cifras más altas se registraron para la prueba de tracción de 2.2 MPa y la prueba de resistencia a la compresión después de un tiempo de curado de 28 días llegando a los 41.1 MPa; la tasa de absorción de agua también se encontraba menor en comparación con los agregados de mayor tamaño.

##### *A nivel Nacional*

**Alanya (2020)** en su tesis titulada “*Elaboración de concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  utilizando concreto reciclado de vías peatonales como agregado grueso, Huánuco 2019*”, la cual tuvo como objetivo la elaboración de concreto  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  usando

el concreto de las vías peatonales que estaban en demolición como agregado grueso en las calles de la ciudad de Huánuco; siendo el tipo de investigación experimental y aplicada, con enfoque cuantitativo, de nivel correlacional y exploratorio, teniendo como desarrollo la recolección de este concreto de las vías peatonales y pasarlo a un proceso de trituración mecánica mediante una planta chancadora para el obtener el tamaño semejante al agregado grueso natural, el cual fue sometido a ensayos de materiales en donde en el granulométrico tuvo como tamaño máximo nominal de 1", el agregado reciclado obtenido se sustituyó al agregado grueso por el porcentaje de 15%, 30% y 45%, concluyendo que el concreto  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$  usando concreto de vías peatonales como agregado grueso si puede obtener concreto con  $f'c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ , demostrando de esta forma que los escombros generados en la demolición de vías peatonales de la ciudad de Huánuco, pueden ser utilizados como agregado grueso.

**Cubas & Cabrera (2019)** en su tesis titulada "Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional", la cual tuvo como objetivo la de definir la influencia del agregado grueso reciclado en la resistencia a la compresión para un concreto habitual; siendo el tipo de investigación nivel explicativo ya que tiene una relación cuasi experimental de causa - efecto,

En este estudio, obtuvo el agregado grueso reciclado mediante el aplastamiento manual de probetas de concreto y ladrillo reciclado, la cuales fueron usadas para la elaboración de 192 probetas cilíndricas de concreto con dimensiones de 6" x 12", sustituyendo el agregado grueso natural por los porcentajes de 10%, 20%, 30% y 40%

de agregado grueso reciclado de concreto y 10% de agregado grueso reciclado de ladrillo.

Se elaboraron probetas de concreto con las siguientes resistencias de diseño:  $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ ,  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  en diferentes tiempos de curado siendo de 7, 14 y 28 días, de acuerdo al diseño de mezcla Método ACI 211.1.

Finalmente concluye que para un concreto elaborado con Agregado grueso reciclado de concreto, llega a ser optimo usar hasta un 10% de adición según el análisis estadístico. Asimismo, se comparó con un concreto elaborado con Agregado grueso reciclado de cascote de ladrillo usando con 10% de adición, teniendo como resultados favorables al usar esos dos tipos de agregado con ese porcentaje de sustitución con el fin de elaborar concreto.

**Castro & Paredes (2018)** en su tesis titulada “Diseño de concreto estructural de resistencia mayores a  $210 \text{ kg/cm}^2$  con materiales reciclados de concreto, San Juan de Lurigancho, 2018”, la cual tuvo como objetivo definir la influencia de elementos reciclados de concreto para un concreto estructural con diseño de resistencia mayores a  $210 \text{ kg/cm}^2$ ; siendo el tipo de la presente investigación es aplicada y de nivel de investigación descriptivo, teniendo como desarrollo la recolección de este concreto de la columnas y vigas procedente de la demolición de viviendas y pasarlo a un proceso de trituración mecánica para el obtener el tamaño semejante al agregado grueso natural, el cual fue sometido a ensayos de materiales en donde en el granulométrico tuvo como tamaño máximo nominal de 1”, este agregado reciclado se reemplazó al agregado grueso natural por el porcentaje de 25%, 50% y 75%, concluyendo que los

resultados de las probetas de concreto con a la resistencia de diseño de 210 kg/cm<sup>2</sup> fue que al sustituir el agregado grueso reciclado 25%, 50%, AGR 75% , llego a su resistencia que se estaba diseñando, no obstante al sustituir el agregado grueso reciclado 100% no alcanzo resultados favorables.

**Ruelas (2015)** en su tesis titulada “Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de puno, como agregado grueso para la producción de concreto” la cual tuvo como objetivo la de evaluar las propiedades del concreto en estado fresco y estado endurecido elaborado agregado grueso reciclado de procedencia de residuos de pavimento rígido; al no indicar el tipo de investigación, pero tras analizar el trabajo de investigación se deduce que el tipo de investigación es experimental.

El material de estudio que uso fue el pavimento demolido que proviene del Jr. Arbulú, tenían que separar exclusivamente los bloques de pavimento, los cuales tuvieron que ser lavados en distintos periodos, y finalmente triturados manualmente hasta obtener un tamaño máximo nominal de 3/4", se elaboró un diseño de mezclas para las siguientes resistencias 140, 175, 210 y 245kg/cm<sup>2</sup>; cada una las resistencia de diseño tiene cuatro grupos con distintas condiciones, la primera con 0% de árido reciclado y tres con reemplazo experimentales con 20%, 40% y 60% de sustitución de agregado grueso reciclado. Se elaboraron 15 probetas para cada condición de concreto que hacen un total de 240 probetas los cuales fueron ensayados a compresión a los 28 días, donde finalmente concluye que aunque el agregado grueso reciclado de procedencia de pavimento de tipo rígido tiene propiedades mínimos al agregado grueso natural, este puede producir un concreto adecuado aunque usar una sustitución

mayor al 20% es riesgoso, ya que a mayor cantidad de agregado grueso reciclado la resistencia a compresión del concreto disminuye.

### *A nivel Regional*

**Melendez (2016)** en su tesis titulada “Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huaraz-2016”, la cual tuvo como objetivo usar el concreto reciclado triturado como agregado para un diseño de mezcla  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huaraz; siendo el tipo de la presente investigación de nivel descriptivo y aplicada, teniendo como desarrollo la recolección de este concreto de la procedencia de la demolición de estructuras y pasarlo a un proceso de trituración manual por medio de herramienta como la combra para el obtener el tamaño semejante al agregado grueso y fino natural, el cual fue sometido a ensayos de materiales en donde en el granulométrico el agregado grueso reciclado tuvo como tamaño máximo nominal de 1”, este agregado grueso reciclado se reemplazó al agregado grueso natural por el porcentaje de 100%, concluyendo que los resultados mostraron que el concreto usando agregados reciclados, tiene buenos resultados como el concreto con agregados naturales, lo que se propone que puede ser usado como agregado.

### *A nivel Local*

**Ñuñuvero (2019)** en su tesis titulada “Dosificación para la elaboración de concreto  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  usando los residuos de demoliciones de concreto estructural como agregado grueso, Nuevo Chimbote - 2019”, la cual tuvo como objetivo

determinar la dosificación para la elaboración de concreto  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  utilizando las demoliciones de concreto estructural como agregado grueso al sustituir el 100% del agregado grueso natural; siendo el tipo de la presente investigación correlacional con diseño no-experimental, el investigador sometió al agregado reciclado proveniente de residuos de concreto estructural, a ensayos en el laboratorio de la Universidad del Santa, de acuerdo a normas y que posteriormente pudo calcular la dosificación de concreto la cual fue probada en la elaboración de probetas de concreto que han sido ensayadas por resistencia a compresión, donde finalmente concluye que se pueden obtener concretos con resistencias adecuadas para la construcción usando agregado reciclado , recomendándose su uso para la actualidad con el fin de obtener un desarrollo sostenible y contribuir con el ambiente.

### ***Fundamentación Científica***

#### ***Concreto.***

#### ***Definición.***

El concreto se puede definir como la mezcla de un material aglutinante (Cemento Portland Hidráulico), material de relleno (agregados o áridos), agua y casualmente aditivos, esta mezcla de materiales forman un material compacto (piedra artificial) capaz de soportar altos esfuerzo de compresión después de un cierto periodo de tiempo (Sanchez, 2001, p. 9).

Al igual que las piedras naturales, el concreto proporciona una resistencia muy grande a los esfuerzos de compresión y muy escasa a los de tracción (generalmente, su resistencia a la tracción es aproximadamente el 10% de su resistencia a la

compresión); por lo tanto, no es adecuado para aplicaciones que deban de resistir tracciones o flexiones. Pero al instar de varillas de acero es las zonas de tracción, compensa esta deficiencia, teniendo entonces una pieza resistente a la flexión (Sanchez, 2001, p. 9).

### ***Características.***

Según Abanto (2009, p 11) los factores que hacen del concreto un material de construcción universal incluyen:

- a) La facilidad con que puede colocarse dentro de los encofrados de casi cualquier forma mientras aún tiene una consistencia plástica.
- b) Su elevada resistencia a la compresión lo que se hace adecuado para elementos sometidos fundamentalmente a compresión, como columnas y arcos.
- c) Su elevada resistencia al fuego y a la penetración del agua.

### ***Componentes del concreto.***

#### ***Cemento Portland.***

El cemento Portland es un producto de fácil obtención, cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la característica de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Los materiales principales con que se fabrica el cemento Portland son: la piedra caliza y arcilla (Abanto, 2009, p. 15).

Los Compuestos químicos, según Abanto (2009, p.16) cuando el cemento Portland cambia de un estado plástico a un estado endurecido después de la

Hidratación, los cuatro compuestos principales promoverán el desempeño del cemento, siendo:

- El silicato tricálcico (C<sub>3</sub>S). Es el que produce la alta resistencia inicial del cemento Portland hidratado.
- El silicato dicálcico (C<sub>2</sub>S). Es el causante principal de la resistencia posterior de la pasta de cemento.
- El aluminato tricálcico (C<sub>3</sub>A). El yeso agregado al cemento portland durante la trituración o molienda en el proceso de fabricación se combina C<sub>3</sub>A para controlar el tiempo de fraguado.
- La aluminoferrita tricálcica (C<sub>4</sub>AF). Es semejante al C<sub>3</sub>A, porque se hidrata con rapidez y solo desarrolla baja resistencia.

Existen cinco tipos de cemento Portland y sus propiedades se han estandarizado de acuerdo con la especificación ASTM de normas para el cemento Portland (Abanto, 2009, p.17).

TIPO I: Es el cemento destinado a obras de concreto en general al que no se le exige propiedades especiales (Sánchez, 2001, p.49).

Para el presente trabajo de estudio se identificó que los trabajos de investigación a estudiar han usado Cemento Portland del TIPO I, pues al solo estudiar el agregado sin ningún tipo de propiedad especial adicional para el concreto.

### ***Agua.***

El agua es el elemento básico en la preparación del concreto, y está relacionado con las resistencias, trabajabilidad y propiedades del concreto endurecido (Abanto, 2009, p.21).

El agua utilizada para preparar el concreto debe estar limpia y libre de cantidades nocivas de aceites, ácidos, álcalis, sales, material orgánico y otras sustancias que puedan ser dañinas al concreto o al acero (Abanto, 2009, p.21).

El agua se puede definir como un componente del concreto, de acuerdo a esto, el concreto reaccionara químicamente dándole la propiedad de fraguar y endurecer para formar un sólido único con los agregados. Para ello, se clasifica en agua de mezclado y agua de curado (Sánchez, 2001, p.57).

- Agua de Mezclado

La definición de agua de mezclado es la cantidad de agua por unidad de volumen de concreto que, requerida por el cemento, contenido en ese volumen unitario, para producir una pasta eficientemente hidratada, cuya fluidez permita que el agregado se lubrique completamente durante la mezcla y este en estado plástico (Sánchez, 2001, p.57).

- Agua de Curado

El agua de curado proporciona un suministro de agua adicional para hidratar eficientemente el cemento. Primero, este suministro adicional depende de la humedad del ambiente, porque cuanto menor es la humedad relativa del ambiente, más rápido se evapora el agua libre de la pasta (Sánchez, 2001, p.59).

### ***Agregados***

Los agregados, también conocido como áridos, son refiere aquellos materiales inertes granulares granular, naturales o artificiales, que aglomerados por el cemento portland en presencia de agua conforman un todo compacto (piedra artificial) conocido como concreto u hormigón (Sánchez, 2001, p.65).

Es importante que los agregados tengan buena resistencia, durabilidad y resistencia a los elementos, y su superficie debe estar libre de impurezas como lodos, limo y materia orgánica, que puedan debilitar la unión con la pasta de cemento (Abanto, 2009, p.23).

De hecho, los agregados abarcan acerca del 75% en volumen de una mezcla típica de concreto (Abanto, 2009, p.23).

#### Agregados Finos

Se considera que el agregado fino es a la arena o piedra natural finamente triturada, de tamaño pequeño y que pasan el tamiz 9.5 mm (3/8") y que cumple con la norma NTP 400.037. La distribución del tamaño de partículas se determina separándola una serie de mallas normalizadas. Las mallas normalizadas utilizadas para el agregado fino son las N° 4,8,16,30,50 y 100 (Abanto, 2009, p.24).

**Tabla 1**

#### *Límites de Granulometría del Agregado Fino*

| Tamiz |         | Porcentaje que Pasa |   |     |
|-------|---------|---------------------|---|-----|
| 3/8"  | 9.5 mm  |                     |   | 100 |
| N°4   | 4.75 mm | 95                  | a | 100 |
| N°8   | 2.36 mm | 80                  | a | 100 |
| N°16  | 1.18 mm | 50                  | a | 85  |
| N°30  | 600 μm  | 25                  | a | 60  |
| N°50  | 300 μm  | 10                  | a | 30  |
| N°100 | 150 μm  | 2                   | a | 10  |

Nota: Recuperado de la NTP 400.037

La norma estipula que la diferencia entre el contenido que pasa una malla y el contenido que queda en la siguiente malla no debe exceder el 45% de la muestra total. De esta manera, existe una tendencia a un análisis de tamaño de partículas más regular. Para que el concreto tenga suficiente trabajabilidad, las partículas de agregado grueso deben separarse de manera tal que puedan moverse con relativa facilidad, durante el mezclado y la colocación. En este sentido, el agregado fino actúa como lubricante del agregado grueso, ayudándolo a distribuir en toda su masa (Abanto, 2009, p.25).

El agregado fino no debe contener cantidades nocivas de polvo, grumos, escarnosas o partículas blandas blandas, esquistos, pizarras, álcali, materia orgánica, sales u otras sustancias nocivas (Abanto, 2009, p.26).

#### Agregado Grueso

Agregado grueso se refiere al material retenido en el tamiz 4.75 mm (N° 4) por la desintegración natural o mecánica de la roca, el cual cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc. (Abanto, 2009, p.26)

La granulometría seleccionada deberá ser preferiblemente continuo y deberá permitir obtener la máxima densidad del concreto con una adecuada trabajabilidad en función de las condiciones de colocación de la mezcla. La granulometría seleccionada no debe exceder del 5% del agregado retenido en la malla 1 ½ pulgada y no debe exceder del 6% del agregado que pasa la malla de ¼ pulgada. (Rivva, 2000, p.183).

El agregado grueso deberá estar compuesto por partículas limpias, preferiblemente angulares o semiangulares, duras, densas, compactas, resistentes, y

preferiblemente de textura rugosa. Las partículas deben estar libres de tierra, polvo, limo, humos, escamas, materia orgánica, sales u otras sustancias nocivas (Abanto, 2009, p.28).

El Tamaño Máximo según Sanchez (2001, p.78) indica que es otro factor que se deriva del análisis granulométrico y esta definido como la abertura del menor tamiz que pasa el 100% del material, igualmente como las Normas Tecnicas Peruana 400.037 señala que es el menor tamiz por el que pasa toda la muestra del agregado grueso

De acuerdo a las Normas Tecnicas Peruana 400.037, el Tamaño maximo nominal es el que corresponde al menor tamiz de la serie utilizada que produce el primer retenido entre 5% y 10%.

El Agregado Grueso deberá estar graduado dentro de los limites especificados en la Norma Técnica Peruana 400.037, estos limites se enumeran en la siguiente tabla:

**Tabla 2****Límite de Graduación del Agregado Grueso**

| Huso | Tamaño nominal                         | máximo | Porcentaje que pasa por los tamices normalizados |                 |               |                 |               |                   |                 |                 |                   |                  |                    |                    |                     |
|------|--|--------|--|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
|      |  |        | 100 mm<br>(4")                                   | 90 mm<br>(3 ½") | 75 mm<br>(3") | 63 mm<br>(2 ½") | 50 mm<br>(2") | 37,5 mm<br>(1 ½") | 25,0 mm<br>(1") | 19,0 mm<br>(¾") | 12,5 mm<br>(1/2") | 9,5 mm<br>(3/8") | 4,75 mm<br>(No. 4) | 2,36 mm<br>(No. 8) | 1,18 mm<br>(No. 16) |
| 1    | 90 mm a 37,5mm (3 ½" a 1 ½")           | 100    | 90 a 100   | ...             | 25 a 60       | ...             | 0 a 15        | ...               | 0 a 5           | ...             | ...               | ...              | ...                | ...                | ...                 |
| 2    | 63 mm a 37,5 mm (2 ½" a 1 ½")          | ...    | ...  | 100             | 90 a 100      | 35 a 70         | 0 a 15        | ...               | 0 a 5           | ...             | ...               | ...              | ...                | ...                | ...                 |
| 3    | 50 mm a 25,0 mm (2" a 1")              | ...    | ...  | ...             | 100           | 90 a 100        | 35 a 70       | 0 a 15            | ...             | 0 a 5           | ...               | ...              | ...                | ...                | ...                 |
| 357  | 50 mm a 4,75 mm (2" a No. 4)           | ...    | ...  | ...             | 100           | 95 a 100        | ...           | 35 a 70           | ...             | 10 a 30         | ...               | 0 a 5            | ...                | ...                | ...                 |
| 4    | 37,5 mm a 19,0 mm (1 ½" a ¾")          | ...    | ...  | ...             | ...           | 100             | 90 a 100      | 20 a 55           | 0 a 5           | ...             | 0 a 5             | ...              | ...                | ...                | ...                 |
| 467  | 37,5 mm a 4,75 mm - (1 ½ pulg a No. 4) | ...    | ...  | ...             | ...           | 100             | 95 a 100      | ...               | 35 a 70         | ...             | 10 a 30           | 0 a 5            | ...                | ...                | ...                 |
| 5    | 25,0 mm a 12,5mm (1" a ½")             | ...    | ...  | ...             | ...           | ...             | 100           | 90 a 100          | 20 a 55         | 0 a 10          | 0 a 5             | ...              | ...                | ...                | ...                 |
| 56   | 25,0 mm a 9,5 mm (1" a 3/8")           | ...    | ...  | ...             | ...           | ...             | 100           | 90 a 100          | 40 a 85         | 10 a 40         | 0 a 15            | 0 a 5            | ...                | ...                | ...                 |
| 57   | 25,0 mm a 4,75mm (1" a No. 4)          | ...    | ...  | ...             | ...           | ...             | 100           | 95 a 100          | ...             | 25 a 60         | ...               | 0 a 10           | 0 a 5              | ...                | ...                 |
| 6    | 19,0 mm a 9,5 mm (¾" a 3/8")           | ...    | ...  | ...             | ...           | ...             | ...           | 100               | 90 a 100        | 20 a 55         | 0 a 15            | 0 a 5            | ...                | ...                | ...                 |
| 67   | 19,0 mm a 4 mm (¾" a No. 4)            | ...    | ...  | ...             | ...           | ...             | ...           | 100               | 90 a 100        | ...             | 20 a 55           | 0 a 10           | 0 a 5              | ...                | ...                 |
| 7    | 12,5 mm a 4,75 mm (1/2" a No. 4)       | ...    | ...  | ...             | ...           | ...             | ...           | ...               | 100             | 90 a 100        | 40 a 70           | 0 a 15           | 0 a 5              | ...                | ...                 |
| 8    | 9,5 mm a 2,36 mm (3/8" a No. 8)        | ...    | ...  | ...             | ...           | ...             | ...           | ...               | ...             | 100             | 85 a 100          | 10 a 30          | 0 a 10             | 0 a 5              | ...                 |
| 89   | 12,5 mm a 9,5 mm (1/2" a 3/8")         | ...    | ...  | ...             | ...           | ...             | ...           | ...               | ...             | 100             | 90 a 100          | 20 a 55          | 5 a 30             | 0 a 10             | 0 a 5               |
| 9A   | 4,75 mm a 1,18 mm (No. 4 a No. 16)     | ...    | ...  | ...             | ...           | ...             | ...           | ...               | ...             | ...             | 100               | 85 a 100         | 10 a 40            | 0 a 10             | 0 a 5               |

Nota: Recuperado de la NTP 400.037

### ***Propiedades Físicas de los Agregados.***

#### ***Peso Unitario.***

Se le llama peso volumétrico o peso unitario del agregado, ya sea suelto o compactado, para alcanzar una cierta peso volumétrico. Suele expresarse en kilogramos por metro cubico del material (Rivva, 2000, p.152).

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos. Al incluir los espacios entre partículas, se ve afectado por la disposición de estas partículas, lo que lo convierte en un parámetro relativo en cierta medida (Pasquel, 1993, p.74).

El peso unitario varia con el contenido de humedad. En agregados gruesos el aumento del contenido de humedad aumento el peso unitario. En agregados finos el aumento de las condiciones de saturado superficialmente seco pueden reducir el peso unitario porque que la película superficial de agua hace que las partículas se agrupen promoviendo así la compactación a medida que aumenta el volumen y reducción del peso unitario (Rivva, 2000, p.152).

El cálculo del peso unitario suelto es de importancia para el manejo de agregados, ya que el transporte del material es por volumen y suelto por ende el volumen de agregado será mayor al material compactado en el concreto. Y el peso unitario compactado sirve para determinar el volumen absoluto de los agregados en el diseño de mezcla a emplear (Sánchez, 2001, p.98).

Para el procedimiento del ensayo, se realiza de acuerdo a la NTP 400.017 Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso unitario”) y los vacíos en los agregados.

Básicamente este ensayo consiste para el peso unitario suelto del agregado consiste en llenar el recipiente adecuado del agregado a estudiar mediante gravedad sin aplicar otra fuerza externa y para el peso unitario compactado es el mismo que el anterior siendo la diferencia en que con una varilla estándar se debe compactar 25 golpes al agregado en el recipiente.

#### ***Contenido de humedad.***

Es la cantidad de agua superficial retenida por partículas de agregado en un momento dado. Es una característica importante porque ayuda a aumentar el agua de mezcla en el concreto, por lo que debe considerarse junto con la cantidad de absorción para modificar adecuadamente la proporción de la mezcla (Pasquel, 1993, p.77).

El agua total o el contenido de humedad del agregado es la diferencia entre el estado de humedad actual del mismo y el estado seco del agregado. Este procedimiento se realiza de acuerdo a la NTP 339.185.

#### ***Peso Específico.***

El peso específico de los agregados, también expresada como densidad, tiene importancia en la construcción cuando se requiere que el concreto tenga un peso límite. Además, el peso específico es un indicador de calidad, ya que los valores altos corresponden a materiales de buen comportamiento, mientras que el peso específico

bajo suele corresponder a agregados absorbentes y débiles, caso en que es recomendable efectuar pruebas adicionales. (Rivva, 2000, p.153)

Es el cociente de dividir el peso de las partículas entre el volumen de las mismas sin considerar los vacíos entre ellas. (Pasquel, 1993, p.74)

En las determinaciones del peso sólido y el volumen absoluto, así como en la selección de las proporciones de la mezcla, se utiliza el valor del peso específico de masa. (Rivva, 2000, p.154)

Los pesos específicos bajos generalmente indican un material poroso, absorbente y débil. Los altos generalmente indican buena calidad, pero ello, en ambos casos, siempre no es seguro salvo que se confirme por otros medios (Rivva, 2000, p.155).

### ***Absorción***

Esta es la capacidad del agregado para llenar los vacíos dentro de las partículas con agua. Este fenómeno es causado por acción capilar, no llegándose a llenar absolutamente los poros indicados ya que el aire siempre queda atrapado. Esto es importante porque se reflejará en el concreto, reduciendo así el agua de mezcla y afectando la resistencia y trabajabilidad, por lo que es necesario tenerla siempre en cuenta para las correcciones necesarias. (Pasquel, 1993, p.76)

La capacidad de absorción del agregado depende del aumento de peso de la muestra secada al horno, después de estar en agua por 24 horas y de secado superficial. Esta condición debe representar la condición obtenida por el agregado en la mezcla de concreto (Rivva, 2000, p.158).

Para estas dos últimas propiedades física (Peso específicos y Absorción) del agregado el procedimiento a seguir del ensayo es de acuerdo a las siguientes normas:

NTP 400.022: Peso específico y absorción del agregado Fino

NTP 400.021: Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso.

### ***Propiedades Mecánica de los Agregados.***

#### ***Dureza.***

La dureza del agregado grueso para concreto, se cuantifica por la resistencia a la abrasión en la Máquina de Los Ángeles, que consta de cilindro metálico en el cual se introduce el agregado junto con 12 bolas de acero de 46.8 mm. de diámetro, donde el peso de cada una oscila entre 390 y 445 gr, con un peso total de  $5,000 \pm 25$  gr., haciéndose girar el conjunto un cierto número de revoluciones (100 o 500) lo que provocara fricción entre las partículas, haciendo que las esferas sobre la muestra provoquen el desprendimiento superficial de material el cual es medido y expresado en porcentaje (Pasquel, 1993, p.79).

Agregados con altos valores de desgaste a la abrasión (>50%) producen concretos con características resistentes inadecuadas en la mayoría de casos (Pasquel, 1993, p.79).

#### ***Residuos de concreto y Demolición (RCD).***

Según el artículo 6 del Título II Residuos Sólidos de la Construcción Y Demolición del Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA define a los residuos de concreto y demolición aquellos residuos producidos en las actividades y procesos de

construcción, reparación, restauración, reforma y demolición de edificaciones e infraestructura. La generación de escombros durante el proceso de construcción puede ocurrir de diferentes formas y en distintos procesos que conforman la totalidad de la obra.

Los Residuos de Construcción y Demolición, de acuerdo con el artículo 7 del TITULO II RESIDUOS SOLIDOS DE LA CONSTRUCCION Y DEMOLICION del Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA, se clasifican en:

- Residuos Peligrosos.
- Residuos No Peligrosos (reutilizables, reciclables, aprovechables, etc.)

Los Residuos de construcción y demolición (RCD) proceden en su mayor parte de:

- Derribos de edificios, restos de obras civiles, etc.
- Pequeñas obras de reformas o reparaciones en viviendas o urbanizaciones.

Entre los Residuos de construcción y demolición (RCD) se encuentran materiales muy diversos:

- Productos cerámicos (ladrillos, azulejos,).
- Residuos de hormigón.
- Material asfáltico.
- Piedra, Arena, Grava y Áridos.
- Madera.
- Metales.
- Plásticos.

- Otros (vidrio, cartón, etc.)

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana 400.050 indica los siguientes beneficios que contribuye el reciclaje de los residuos de construcción y demolición:

- Reducción de riesgos a la salud y al ambiente
- Uso eficiente de los recursos naturales
- Reducción de las necesidades de rellenos sanitarios para disposición final

### ***Agregado Grueso Reciclado.***

De los residuos de construcción y demolición (RCD) por procesos mecánicos o manual como la trituración de este material, después este materiales triturado pasaría a un proceso de granulado llevándolo a partidas similares al del agregado grueso obteniendo el agregado grueso reciclado que será parte fundamental para el desarrollo de la investigación, el más común el agregado grueso reciclado proveniente de desechos de concreto, pero hay investigaciones en donde se experimenta con otros materiales desechados como baldosas de cerámicos.

Otro concepto serio como indica Valverde y Castellanos (2017), el agregado de concreto reciclado es un material que se obtiene como resultado de la trituración del concreto proveniente de la demolición de estructuras o del concreto sobrante en planes de producción debido a excesos en el volumen despachado o por no reunir todos los requisitos como asentamiento o dosificación adecuada para ser despachados a las obras.

Las propiedades físicas de los agregados de concreto reciclado, depende de las características de la fuente del concreto de la que se extraen. Los agregados producto

de demoliciones tienen una mayor variabilidad en sus características (Valverde y Castellanos, 2017).

La forma de los agregados tiene un papel importante en la trabajabilidad de las mezclas de concreto. Los agregados naturales cuando son extraídos de canteras tienen una forma angular. El agregado de concreto reciclado debido al mortero residual adherido puede tener bordes suavizados con respecto al agregado original (Valverde y Castellanos, 2017).

Si bien es cierto el agregado reciclado al ser obtenido mediante trituración, este tiene parte de morteros generando vacíos por lo que aumentaría el porcentaje de absorción aumentando la cantidad de agua para el diseño de mezcla. Es por eso que el agregado grueso reciclado que se investigó por mi persona se sometió a un tratamiento impermeabilizante para disminuir el porcentaje de vacíos; este agregado grueso reciclado se sometió a un recubrimiento bituminoso impermeabilizante.

Ahora bien, la Norma Técnica Peruana 400.053 establece que, para el uso de agregado grueso reciclado para la elaboración de concreto, depende de mucha importancia la procedencia de este material reciclado. Además, indica que este agregado grueso reciclado puede ser usado para Pavimentos Rígidos, ciclovías, losas deportivas, veredas, patios, cimientos, concreto simple masivo y rellenos no portantes siempre y cuando de donde proviene este material reciclado.

### ***Recubrimiento Bituminoso Impermeabilizante.***

Son materiales orgánicos con buen adherencia e impermeabilidad. El color es negro, puede ser sólido o viscoso y se pueden ablandar si se le aplica calor. Se originan

a partir de petróleo crudo y también la destilación destructiva de sustancias de origen carbonoso (Materiales Bituminosos, s.f).

Para la investigación que se realicé del agregado grueso reciclado, para disminuir la propiedad de absorción que tiene este material reciclado se optó por usar un producto que es un líquido asfáltico modificado con solventes minerales, diseñado para uso como recubrimiento completamente impermeable y químicamente resistente a la acción del agua, ácidos diluidos. Tiene excelente adherencia en sustratos como cemento, concreto, ladrillos, metales, piedra, madera y a las capas asfálticas superiores.

### ***Resistencia a la Compresión del Concreto***

De acuerdo a Abanto (2009), señala que la resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura) (p.51).

Además de que la resistencia a la compresión de un concreto ( $f'c$ ) debe ser alcanzado a los 28 días, después de vaciado y realizado el curado respectivo.

Para la elaboración y curado de los especímenes de concreto (probetas) se realiza de acuerdo a la Norma Técnica Peruana 339.033 o bien la ASTM C31.

Del Ensayo a la Resistencia de Compresión de las probetas de concreto, se realiza de acuerdo la Norma Técnica Peruana 339.034 o bien la ASTM C39.

## **Justificación de la Investigación**

### ***A nivel Social***

A nivel social esta investigación dará una alternativa para la solución con los tiraderos o botaderos ilegales que se generan después de algún mejoramiento de infraestructura o demolición, consistiendo en el reciclado de los Residuos de Concreto y Demolición (RCD) para su uso como componente de un concreto, específicamente como sustituto del agregado grueso natural.

Y a la vez en parte ecológico, se influenciaría al reciclaje material que proviene de desechos de construcción y generalmente contamina al medio ambiente además de evitar explotación de nuevas canteras para extraer agregado grueso natural.

### ***A nivel Tecnológico***

El presente proyecto demostrara si es que se puede darle uso de los residuos de concreto y demolición (RCD) como agregado grueso para elaboración de Concreto y que puede obtener las mismas características con el concreto convencional, así permitir que se generen construcciones usando este material.

## **Problema**

### ***Realidad problemática***

En el mundo, este problema se está solucionando, creando programas de mitigación para el mejor uso de RCD, además de usarlo en nuevas combinaciones de concreto sustituyendo algún componente convencional.

En el Perú, se está comprobando si la sustitución de RCD en los concretos convencionales si tienen resultados óptimos, además de también crear programas para un adecuado manejo de los residuos de construcción y demolición.

En el ámbito local, partimos de una idea ecológica, si bien observamos alrededor de calles, ríos y playas vemos que hay residuos de construcción y demolición (RCD) ya sea producto de un mejoramiento de una vivienda o de una obra que se realice, aparecen esta “basura” generando contaminación al medio ambiente, además que se generan botaderos ilegales en nuestra ciudad.

Los residuos de construcción y demolición (RCD) es fácil y rápido recolección ya que esta, siempre se encuentra en una obra o ya sea en las calles de la ciudad, efecto de un mejoramiento en una vivienda cercana, del cual por procesos mecánicos se obtiene el agregado reciclado.

### ***Formulación del problema***

¿Tendrá propiedades semejantes el agregado grueso reciclado como sustituto del agregado grueso natural para optar en sustituirlo en la elaboración de concreto referido?

## Conceptuación y operacionalización de las variables

**Tabla 3**

Resumen de operacionalización de la variable

| Variable  | Definición Conceptual   | Dimensión Operacional   | Dimensiones                 | Indicadores  |
|---|---|---|-----------------------------|--|
| Propiedades de los agregados grueso reciclado Referidos | <p>El agregado de concreto reciclado es un material que se obtiene como resultado de la trituración del concreto proveniente de la demolición de estructuras o del concreto sobrante en planes de producción debido a excesos en el volumen despachado o por no reunir todos los requisitos como asentamiento o dosificación adecuada para ser despachados a las obras. (Valverde y Castellanos, 2017)</p> <p>Se definen como agregado grueso al material retenido en el tamiz NTP 4.75 mm (N° 4) proveniente de la desintegración natural o mecánica de las rocas y que cumple con los límites establecidos en la norma NTP 400.037. El agregado grueso puede ser grava, piedra chancada, etc. (Abanto, 2009, p.26).</p> | <p>El procedimiento a seguir el desarrollo de esta tesis se hará mediante la revisión de trabajos existentes y para ello se basará en la técnica de análisis documental cuyo instrumento es la guía de análisis de investigación.</p> | Ensayo de Materiales        | <p>Granulometría</p> <p>Contenido de Humedad</p> <p>Peso Unitario</p> <p>Peso Específico</p> <p>Absorción Abrasión</p> <p>Dosificación</p> |
| Resistencia del concreto referidos                      | <p>La resistencia en compresión del concreto es la carga máxima para una unidad de área soportada por una muestra, antes de fallar por compresión (agrietamiento, rotura). (Abanto, 2009, p.51).</p>  | <p>Prueba de resistencia a la compresión, que consiste en aplicar una carga de compresión axial a un cilindro a una velocidad dentro de un rango especificado hasta que ocurre la falla.</p>  | Resistencia a la compresión | <p>Asentamiento</p> <p>Tiempo De Curado</p> <p>Fuerza axial</p> <p>Área</p> <p>Tiempo</p>  |

Nota: Elaboración Propia

## **Hipótesis**

En la presente investigación descriptiva no hubo hipótesis debido a que la investigación será de enfoque cualitativa.

Según Hernández, Fernández & Baptista (2014) indica que no en todas las investigaciones del tipo descriptiva se formulan hipótesis y que solo aparecen hipótesis cuando la investigación descriptiva tiene como objetivo predecir algún dato en una o más variables que se va medir u observar (p.108).

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

Realizar el estudio comparativo de las propiedades del agregado reciclado como sustituto del agregado grueso natural en concretos referidos.

### ***Objetivos específicos***

Analizar y comparar las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso reciclado sometido a ensayos referidos con respecto al agregado grueso natural.

Proponer una Curva Granulométrica Ideal para el Agregado Grueso Reciclado.

Analizar la resistencia a la compresión del concreto referido elaborado con agregado grueso reciclado sustituyendo al agregado grueso natural.

## **Metodología**

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

Según Hernández, Fernández & Baptista, 2014 indica:

Tipo de Investigación Descriptivo, porque únicamente se pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas. (p. 92)

Diseño de investigación no experimental, debido a los estudios que se realizaran, es sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observaran los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos (p. 152), y del tipo transversal o transeccional, porque el propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado (p. 154).

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo y con de diseño de investigación no experimental y del tipo transversal o transeccional.

### **Población y Muestra**

La población de la investigación está constituida por todos los trabajos de investigación que solo haya usado el agregado reciclado como sustituto del agregado grueso natural para la elaboración de Concreto referido, y se tomó como muestra para el estudio comparativo junto con el mío los trabajos como ya mencionados en la población, pero para el Segundo Objetivo específico lo trabajos que en su granulometría tuvieron como tamaño máximo nominal 1” del agregado grueso reciclado y para el tercer objetivo los trabajos de investigación con la condición de que el diseño de concreto sea de 175 kg/cm<sup>2</sup>; siendo los siguientes trabajos.

- “Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado”  
 Autor: Alva Rosas Marco Hugo  
 Universidad San Pedro- Sede Chimbote  
 Trabajo de Investigación -2018
  
- “Elaboración de concreto  $f'c = 175$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando concreto reciclado de vías peatonales como agregado grueso, Huánuco 2019”  
 Autor: Alanya Chamorro Jorge Luis  
 Universidad de Huánuco  
 Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil - 2020
  
- “Diseño de concreto estructural de resistencia mayores a  $210 \text{ kg cm}^2/$  con materiales reciclados de concreto, San Juan de Lurigancho, 2018”  
 Autor: Castro Cruz Alejandro Michel & Paredes Vilca Carmen Sophia  
 Universidad Cesar Vallejo  
 Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil - 2018
  
- “Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Huaraz-2016.”  
 Autor: Meléndez Cueva Aníbal Rogelio  
 Universidad San Pedro – Sede Huaraz

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil - 2016

- “Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional”

Autor: Hervin Abdías Cubas Resurrección y Josias Cabrera Herrera

Universidad Peruana Unión - Sede Lima

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

- “Dosificación para la Elaboración de Concreto  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  Usando los Residuos de Demoliciones de Concreto Estructural como Agregado Grueso, Nuevo Chimbote - 2019”

Autor: Luis Alberto Ñuñuvero Luna

Universidad Cesar Vallejo- Sede Chimbote

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

- “Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de puno, como agregado grueso para la producción de concreto”

Autor: Erick Christian Ruelas Paredes

Universidad Nacional Del Altiplano-Sede Puno

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

## **Técnicas e instrumentos de investigación:**

### ***Técnicas***

Para la obtención de información se empleó la técnica de análisis documental y análisis comparativo.

### ***Instrumentos:***

Para la recopilación de información de los trabajos de investigación se utilizó el siguiente instrumento es la guía de análisis de investigación con la elaboración Fichas técnicas para la recolección de Resultados de ensayos y Pruebas referidas.

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

Como se mencionó, el agregado grueso reciclado investigado por mi persona en el año 2018, fue recolectado de escombros de concreto que se encontraba en la vía pública de procedencia de una demolición de viviendas, estos escombros fueron triturados de forma manual usando una comba ya que no se contaba con la disponibilidad de una planta chancadora.

Este material triturado fue sometido a los Ensayos de Materiales en el Laboratorio de la Universidad San Pedro – Sede Chimbote, en donde el ensayo granulométrico se tuvo que el tamaño máximo nominal es de 1” del agregado reciclado de concreto por lo que para esta investigación se recopiló otros trabajos de investigación para realizar el estudio comparativo en las curvas granulométricas. Igualmente, también esta información no ayuda para proceder con la elaboración de una curva granulométrica ideal para agregado grueso reciclado de 1”.

Asimismo, para los otros ensayos de materiales para conocer las propiedades físicas del agregado grueso reciclado se comparó con el agregado grueso natural obtenido de la Cantera Rubén, ubicada en la entrada de la Ciudad de Chimbote por el Norte, pero sin antes a este agregado grueso reciclado se le aplicó una capa de recubrimiento bituminoso con el objetivo de impermeabilizar el material ya que según Shahidan et al. (2017) obtuvieron resultados favorables al impermeabilizar el agregado grueso reciclado con resina epoxi disminuyendo el porcentaje de absorción, se optó por recubrimiento bituminoso porque estaba a rápida disposición.

Para la elaboración del concreto con reemplazo de agregado grueso reciclado impermeabilizado se utilizó diseño de mezcla usando los resultados de los ensayos de los agregados naturales, y solo se reemplazó el 50% del agregado grueso natural por el agregado grueso reciclado impermeabilizado.

De las muestras de estudios que serán los trabajos de investigaciones de los autores ya mencionados en el apartado de Población y Muestra, se analizaron los datos y los resultados de ensayos de materiales del agregado grueso reciclado se llevaron a unas fichas técnicas para proceder con el estudio comparativo con los resultados obtenidos por mi agregado grueso reciclado.

Asimismo, los resultados obtenidos del ensayo a la compresión del concreto elaborado con agregado grueso reciclado con diferentes porcentajes de reemplazo de los autores citados para proceder con estudio comparativo con los resultados que obtuve del concreto elaborado por mi persona. Toda esta información que se realizó el estudio comparativo se plasmó en tablas y gráficos estadísticos.

## **Resultados**

### **Respecto al Objetivo Especifico 1.**

*Analizar y comparar las propiedades físicas y mecánicas del agregado grueso reciclado sometido a ensayos referidos con respecto al agregado grueso natural.*

### **PROPIEDADES FISICAS**

#### ***Granulometría***

De acuerdo a la aplicación del Ensayo de Granulometría al Agregado Grueso Reciclado se obtuvieron los siguientes resultados y además los resultados recopilados por medio de análisis documental de otros investigadores aplicando la Ficha Técnica N°01; teniendo todos ellos en común el tamaño máximo nominal y por ende el Huso granulométrico siendo este los límites que debe cumplir el porcentaje que pasa en cada tamiz el agregado grueso.

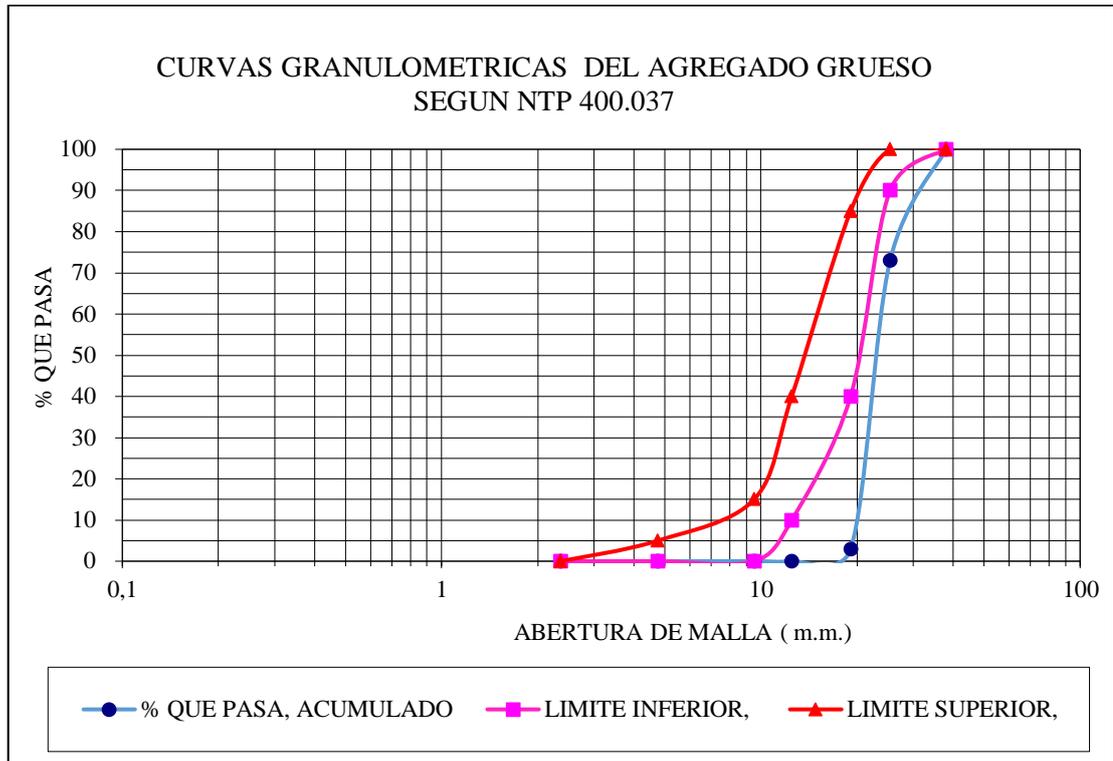
De todos los datos analizados y de las curvas granulométricas, se generará una curva granulométrica optima así dando un aporte para que futuras investigaciones tengan en cuenta cuando se haga un estudio al Agregado grueso reciclado con tamaño máximo nominal de 1” con Huso Granulométrico 56.

De la investigación que realicé para obtener el Grado de Bachiller, el Concreto reciclado lo obtuve de un mejoramiento de una vivienda por lo que el concreto seria procedencia estructural, después se procedió con la trituración de forma manual utilizando comba y martillo, hasta tener el tamaño deseado con el cual se experimentó, teniendo los siguientes resultados:

Tamaño Máximo: 1 ½”

Tamaño Máximo Nominal: 1”

Huso Granulométrico: 56



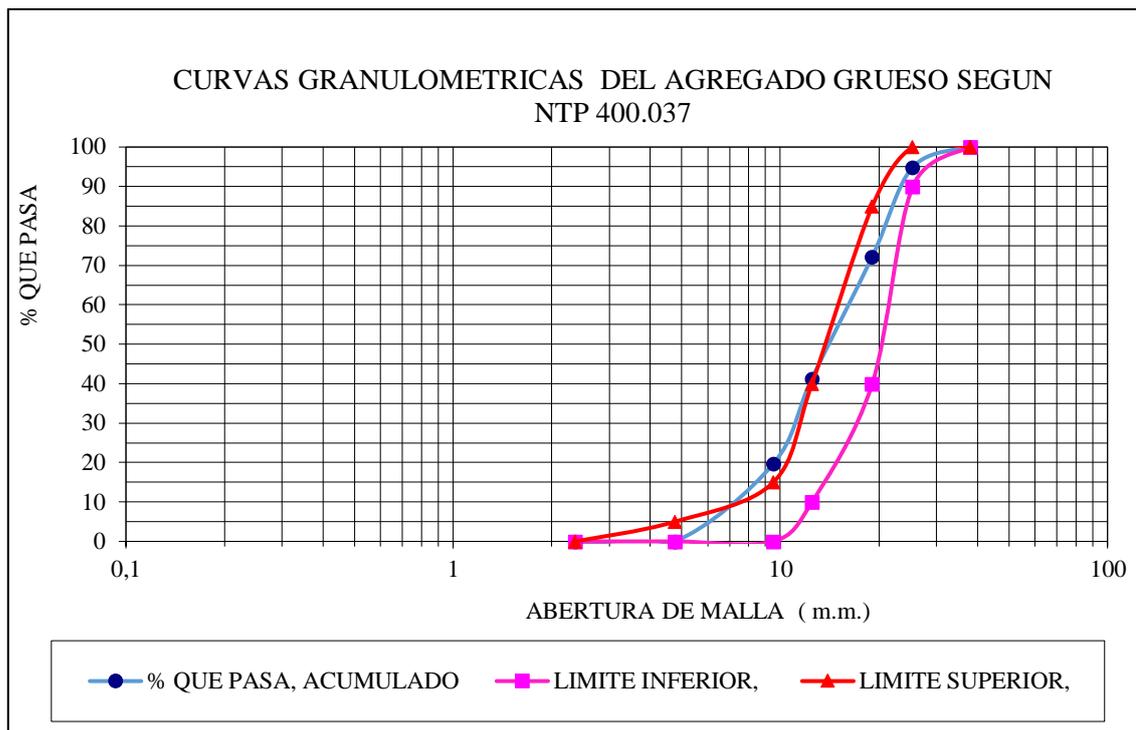
**Figura 1.** Curvas Granulométricas del Agregado Grueso Reciclado- Procedencia de Residuos de Concreto Estructural

Tal como se observa, la curva granulométrica generada según el material tamizado no está dentro de los límites establecido por el Huso Granulométrico que tiene según el Tamaño máximo nominal del Agregado Reciclado que se está estudiando, estando por debajo del límite inferior.

De acuerdo Alanya (2020), obtuvo el Concreto reciclado de la demolición de vías peatonales, después procedió con la trituración del material mediante una planta

chancadora, hasta tener el tamaño deseado con el cual se experimentó, teniendo los siguientes resultados:

Tamaño Máximo: 1 ½”  
 Tamaño Máximo Nominal: 1”  
 Huso Granulométrico: 56



**Figura 2.** Curvas Granulométricas del Agregado Grueso Reciclado – Procedencia de Residuos de Vías Peatonales. Datos obtenidos de las Tesis de Pregrado del investigador Alanya (2020)

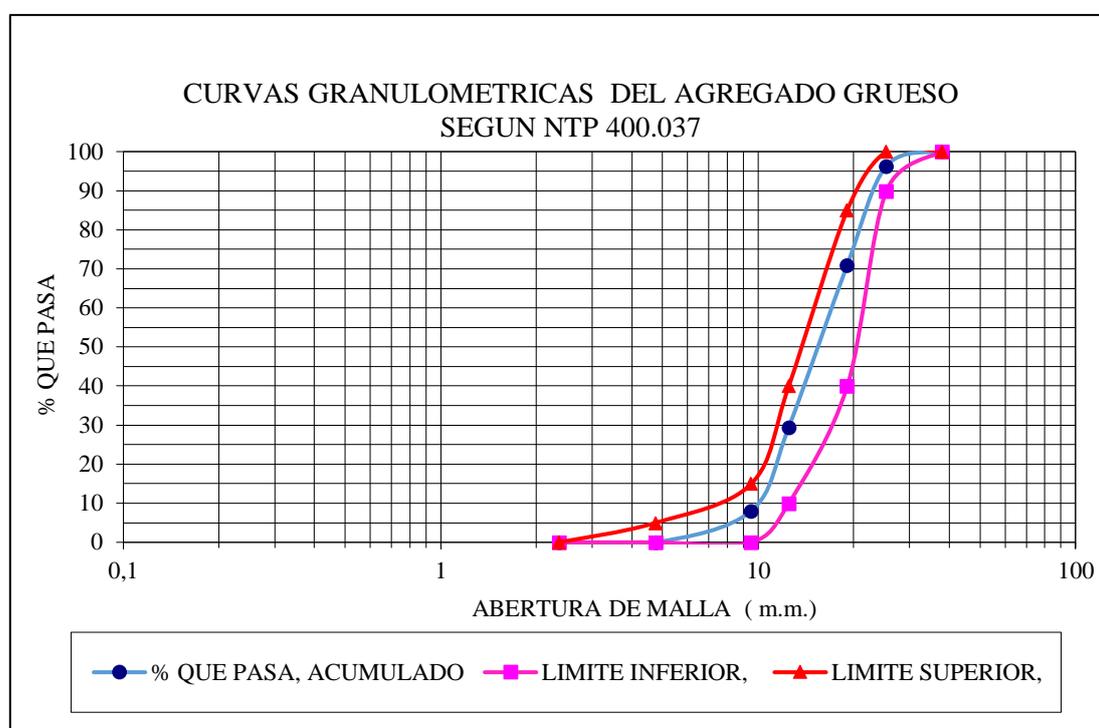
De acuerdo el agregado reciclado obtenido por el investigador Alanya, se observa que la curva granulométrica generada según el material tamizado está parcialmente dentro de los límites establecido por el Huso Granulométrico que tiene según el Tamaño máximo nominal del Agregado Reciclado que se está estudiando, estando por el borde del límite máximo.

Asimismo, como indica Castro y Paredes (2018), obtuvo el Concreto reciclado de columnas y vigas producto de una demolición de una vivienda, después procedió con la trituración mecánica, hasta tener el tamaño deseado con el cual se experimentó, teniendo los siguientes resultados:

Tamaño Máximo: 1 ½”

Tamaño Máximo Nominal: 1”

Huso Granulométrico: 56



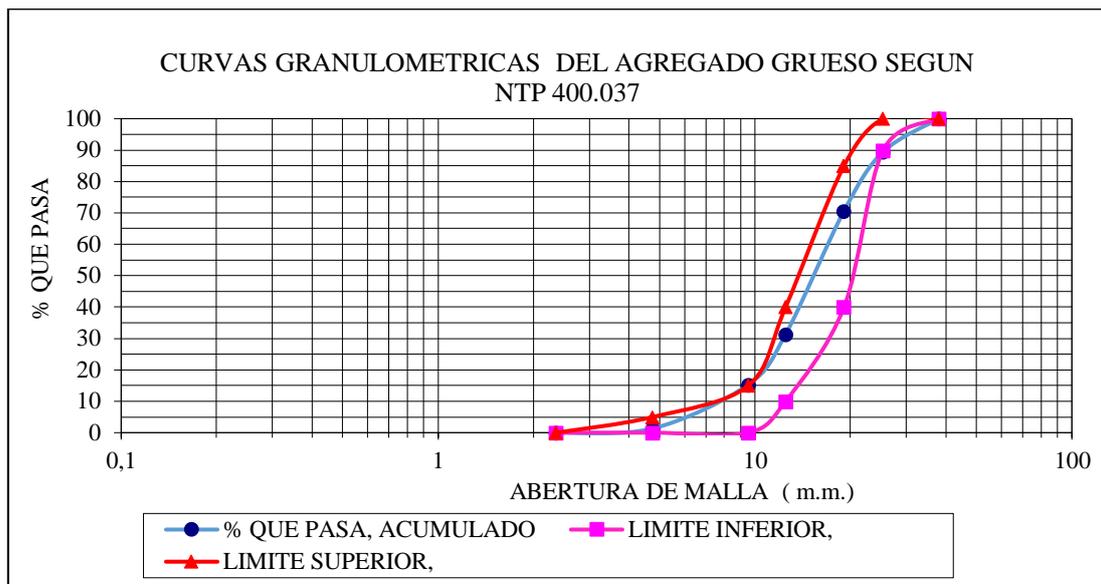
**Figura 3.** Curvas Granulométricas del Agregado Grueso Reciclado – Procedencia de Residuos de Concreto Estructural. Datos obtenidos de las Tesis de Pregrado de los investigadores Castro y Paredes (2018).

De acuerdo el agregado reciclado obtenido por los investigadores Castro y Paredes, se observa que la curva granulométrica generada según el material tamizado no está dentro de los límites establecido por el Huso Granulométrico que tiene según

el Tamaño máximo nominal del Agregado Reciclado que se está estudiando, estando dentro de los límites.

De acuerdo a Meléndez (2016), obtuvo el Concreto reciclado de columnas y vigas producto de una demolición de una vivienda, después procedió con la trituración utilizando comba, hasta tener el tamaño deseado con el cual se experimentó.

Tamaño Máximo: 1 ½”  
 Tamaño Máximo Nominal: 1”  
 Huso Granulométrico: 56

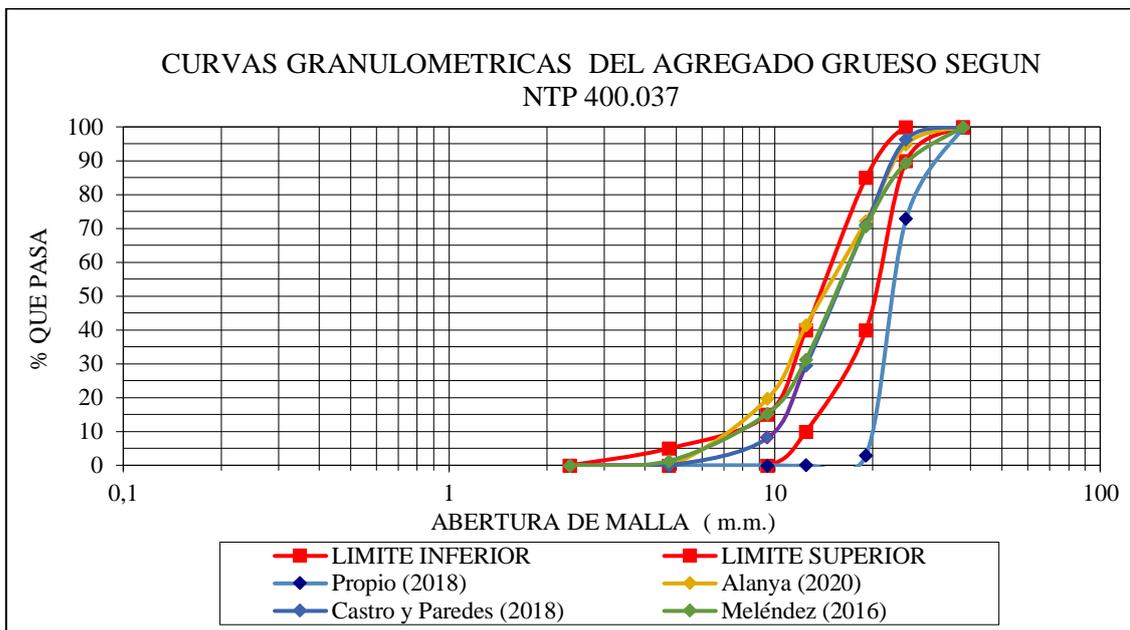


**Figura 4.** Curvas Granulométricas del Agregado Grueso Reciclado – Procedencia de Residuos de concreto estructural. Datos obtenidos de las Tesis de Pregrado del investigador Meléndez (2016).

De acuerdo el agregado reciclado obtenido por el investigador Meléndez, se observa que la curva granulométrica generada según el material tamizado si está dentro de los límites establecido por el Huso Granulométrico que tiene según el Tamaño

máximo nominal del Agregado Reciclado que se está estudiando, estando dentro de los límites.

De todas las curvas Granulométricas mencionadas del agregado grueso reciclado pertenecientes de los investigadores junto con el de mi persona se realiza la siguiente comparación juntándolo en un solo grafico para observar su comportamiento de la granulometría del material.



**Figura 5.** Curvas Granulométricas del Agregado Grueso Reciclado de Investigaciones Referidas. Se agregan las curvas granulométricas de las figuras anteriores para su posterior análisis.

### **Contenido de Humedad**

Para este ensayo, se realizó al agregado grueso natural y al agregado reciclado impermeabilizado, dando los siguientes resultados:

**Tabla 4***Resultados del Ensayo de Contenido de humedad*

| Descripción                            | Contenido de Humedad |
|--|----------------------|
|  | (%)                  |
| Agregado Grueso Natural                | 0.14                 |
| A. Grueso Reciclado (Impermeabilizado) | 2.16                 |

Nota: Elaboración Propia

***Peso Unitario***

En la aplicación de este ensayo al Agregado Grueso Natural y al Agregado Reciclado se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 5***Resultados del Ensayo de Peso Unitario*

| Descripción                            | Peso Unitario               | Peso Unitario                   |
|--|-----------------------------|---------------------------------|
|  | Suelto (Kg/m <sup>3</sup> ) | Compactado (Kg/m <sup>3</sup> ) |
| Agregado Grueso Natural                | 1432.00                     | 1587.00                         |
| A. Grueso Reciclado (Impermeabilizado) | 1246.88                     | 1389.42                         |

Nota: Elaboración Propia

***Peso Específico Y Absorción***

En este ensayo de Peso Específico y Absorción se aplicó al agregado grueso natural, al agregado grueso reciclado y al agregado grueso reciclado

impermeabilizado, pues se aplicó el impermeabilizante al agregado reciclado para disminuir el porcentaje de absorción y así tener datos semejantes al natural, pues el resultado es el siguiente:

**Tabla 6**

*Resultados del Ensayo de Peso Específico y Absorción*

| Descripción                            | Peso Específico Base Seca | Peso Específico Base Saturada | Peso Específico Aparente | Absorción (%) |
|--|---------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------------|
| Agregado Grueso                        | 2.88                      | 2.88                          | 2.90                     | 0.21          |
| Agregado Grueso Reciclado              | 2.52                      | 2.63                          | 2.83                     | 4.44          |
| A. Grueso Reciclado (Impermeabilizado) | 2.51                      | 2.59                          | 2.73                     | 3.21          |

Nota: Elaboración Propia

**PROPIEDAD MECÁNICA**

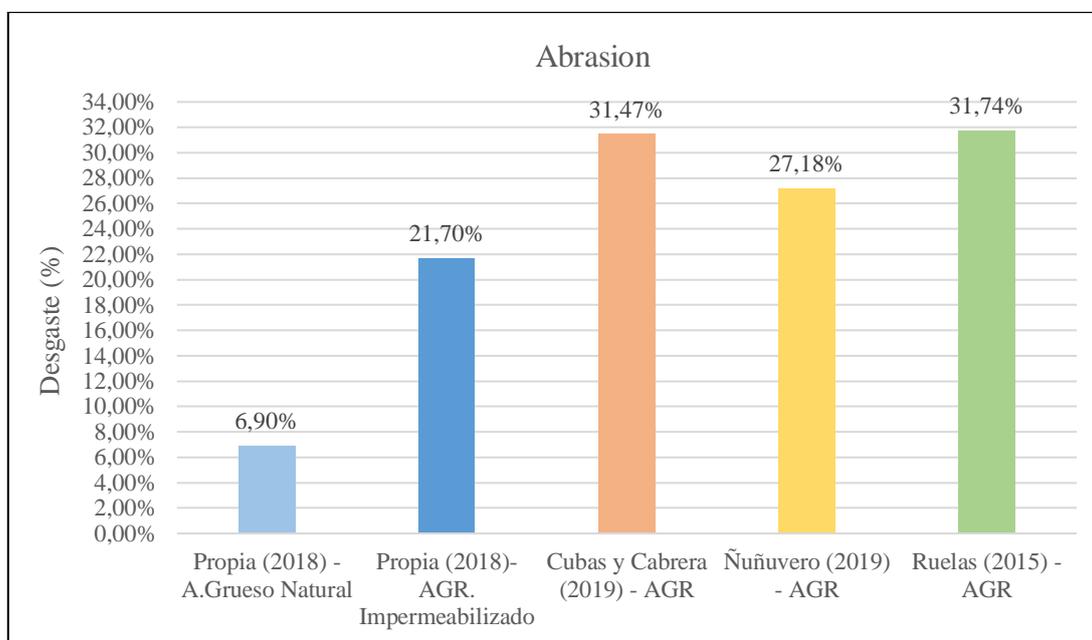
***Dureza: Resistencia al Desgaste mediante Abrasión***

Para este ensayo de Resistencia a la Abrasión, se le aplico al Agregado Grueso Natural y al Agregado Reciclado Impermeabilizado, asimismo se compara con los resultados de otros investigadores que sometieron a su material en estudio al Ensayo, el cual los resultados serán plasmados en la siguiente tabla.

**Tabla 7***Resultados del Ensayo de Abrasión*

| Investigadores         | Tipo de Agregado Grueso    | Procedencia          | Desgaste (%) |
|------------------------|----------------------------|----------------------|--------------|
|                        | Natural                    | -                    | 6.90%        |
| Propia (2018)          | Reciclado Impermeabilizado | Estructural          | 21.70%       |
| Cubas y Cabrera (2019) | Reciclado                  | Probetas de Concreto | 31.47%       |
| Ñuñuvero (2019)        | Reciclado                  | Estructural          | 27.18%       |
| Ruelas (2015)          | Reciclado                  | Pavimento Rígido     | 31.74%       |

Nota: Comparación de los Resultados del Ensayo a la Abrasión del Agregado Grueso Reciclado de diferentes investigador y propio, Elaboración propia.

**Figura 6.**Comparativo del Porcentaje de Desgaste de agregados reciclados referidos.

Conforme a lo que se muestra en la figura, se identifica que el agregado reciclado de los investigadores Cubas & Cabrera de procedencia de probetas de concreto obtiene un 31.47% de desgaste a la abrasión mucho mayor que todos los otros, y el agregado reciclado impermeabilizado de mi persona que proviene de escombros estructurales es de 21.70% de desgaste a la abrasión, muy aproximado al resultado que se tiene de aplicarle el ensayo a la abrasión al Agregado grueso Natural que es de 6.90%.

## Respecto al Objetivo Especifico 2.

*Proponer una Curva Granulométrica Ideal para el Agregado Grueso Reciclado.*

Conforme a los resultados de Granulometría del material reciclado de los otros investigadores y la de mi persona, teniendo el Tamaño Máximo de 1 ½” y el Tamaño Máximo Nominal de 1” por lo que le corresponde el Huso Granulométrico 56 para todos los resultados, entonces se propone una curva granulométrica ideal tomando datos referidos para la elaboración de la misma.

### Tabla 8

*Resultados del Ensayo de Granulometría para el Agregado Grueso Reciclado*

| Tamiz  | Abertura<br>(m.m.) | Huso 56            |                    | % Que Pasa       |                  |                               |                    |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|------------------|-------------------------------|--------------------|
|        |                    | Límite<br>Inferior | Limite<br>Superior | Propio<br>(2018) | Alanya<br>(2020) | Castro y<br>Paredes<br>(2018) | Meléndez<br>(2016) |
| 3"     | 76.2               |                    |                    |                  |                  |                               |                    |
| 2 1/2" | 63                 |                    |                    |                  |                  |                               |                    |
| 2"     | 50.8               | 100                | 100                | 100              | 100              | 100                           | 100                |
| 1 1/2" | 38.1               | 100                | 100                | 100              | 100              | 100                           | 100                |

|        |      |    |     |       |       |       |       |
|--------|------|----|-----|-------|-------|-------|-------|
| 1"     | 25.4 | 90 | 100 | 73.01 | 94.91 | 96.36 | 89.46 |
| 3/4"   | 19.1 | 40 | 85  | 2.91  | 72.21 | 71.03 | 70.61 |
| 1/2 "  | 12.5 | 10 | 40  | 0.06  | 41.36 | 29.52 | 31.33 |
| 3/8 "  | 9.52 | 0  | 15  | 0     | 19.69 | 8.08  | 15.31 |
| N° 4   | 4.76 | 0  | 5   | 0     | 0.04  | 0     | 1.32  |
| N° 8   | 2.36 | 0  | 0   | 0     | 0     | 0     | 0     |
| N° 16  | 1.18 |    |     |       |       |       |       |
| N° 30  | 0.6  |    |     |       |       |       |       |
| N° 50  | 0.3  |    |     |       |       |       |       |
| N° 100 | 0.15 |    |     |       |       |       |       |

Nota: Datos de Resultados del Ensayo Granulométricos referidos

Como se observa en los resultados del primer objetivo sobre los ensayos granulométricos, en la tabla 4 se condensa dichos resultados para poder proceder con generar una curva granulométrica ideal, aplicando un ajuste regresivo polinomial de grado 2 mediante el método de mínimos cuadrados, para dicho cálculo se presenta la siguiente tabla donde se mostraron los datos que se necesitaran para la siguiente formulas:

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n \{y_i = a_0n + a_1x_i + a_2x_i^2\} \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \{x_i y_i = a_0x_i + a_1x_i^2 + a_2x_i^3\} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \{x_i^2 y_i = a_0x_i^2 + a_1x_i^3 + a_2x_i^4\} \quad (4)$$

## Tabla 9

*Datos a usar para Aplicar el Método De Mínimos Cuadrados*

| Nº de<br>Datos | Tamiz<br>(mm) | % que<br>Pasa | Datos      |            |            |             |              |
|----------------|---------------|---------------|------------|------------|------------|-------------|--------------|
|                | <b>Xi</b>     | <b>Yi</b>     | <b>Xi2</b> | <b>Xi3</b> | <b>Xi4</b> | <b>XiYi</b> | <b>Xi2Yi</b> |
| 1              | 2.36          | 0.00          | 5.57       | 13.14      | 31.02      | 0.00        | 0.00         |
| 2              | 2.36          | 0.00          | 5.57       | 13.14      | 31.02      | 0.00        | 0.00         |
| 3              | 2.36          | 0.00          | 5.57       | 13.14      | 31.02      | 0.00        | 0.00         |
| 4              | 2.36          | 0.00          | 5.57       | 13.14      | 31.02      | 0.00        | 0.00         |
| 5              | 4.76          | 0.00          | 22.66      | 107.85     | 513.37     | 0.00        | 0.00         |
| 6              | 4.76          | 0.04          | 22.66      | 107.85     | 513.37     | 0.19        | 0.91         |
| 7              | 4.76          | 0.00          | 22.66      | 107.85     | 513.37     | 0.00        | 0.00         |
| 8              | 4.76          | 1.32          | 22.66      | 107.85     | 513.37     | 6.30        | 29.99        |
| 9              | 9.52          | 0.00          | 90.63      | 862.80     | 8213.87    | 0.00        | 0.00         |
| 10             | 9.52          | 19.69         | 90.63      | 862.80     | 8213.87    | 187.46      | 1784.64      |
| 11             | 9.52          | 8.08          | 90.63      | 862.80     | 8213.87    | 76.88       | 731.89       |
| 12             | 9.52          | 15.31         | 90.63      | 862.80     | 8213.87    | 145.71      | 1387.19      |
| 13             | 12.50         | 0.06          | 156.25     | 1953.13    | 24414.06   | 0.73        | 9.10         |
| 14             | 12.50         | 41.36         | 156.25     | 1953.13    | 24414.06   | 516.98      | 6462.30      |
| 15             | 12.50         | 29.52         | 156.25     | 1953.13    | 24414.06   | 368.99      | 4612.33      |
| 16             | 12.50         | 31.33         | 156.25     | 1953.13    | 24414.06   | 391.65      | 4895.56      |
| 17             | 19.10         | 2.91          | 364.81     | 6967.87    | 133086.34  | 55.62       | 1062.35      |
| 18             | 19.10         | 72.21         | 364.81     | 6967.87    | 133086.34  | 1379.26     | 26343.96     |
| 19             | 19.10         | 71.03         | 364.81     | 6967.87    | 133086.34  | 1356.69     | 25912.79     |
| 20             | 19.10         | 70.61         | 364.81     | 6967.87    | 133086.34  | 1348.72     | 25760.64     |
| 21             | 25.40         | 73.01         | 645.16     | 16387.06   | 416231.43  | 1854.33     | 47100.06     |
| 22             | 25.40         | 94.91         | 645.16     | 16387.06   | 416231.43  | 2410.80     | 61234.40     |
| 23             | 25.40         | 96.36         | 645.16     | 16387.06   | 416231.43  | 2447.48     | 62165.93     |
| 24             | 25.40         | 89.46         | 645.16     | 16387.06   | 416231.43  | 2272.39     | 57718.81     |
| 25             | 38.10         | 100.00        | 1451.61    | 55306.34   | 2107171.59 | 3810.00     | 145161.00    |

|          |        |         |          |           |             |          |           |
|----------|--------|---------|----------|-----------|-------------|----------|-----------|
| 26       | 38.10  | 100.00  | 1451.61  | 55306.34  | 2107171.59  | 3810.00  | 145161.00 |
| 27       | 38.10  | 100.00  | 1451.61  | 55306.34  | 2107171.59  | 3810.00  | 145161.00 |
| 28       | 38.10  | 100.00  | 1451.61  | 55306.34  | 2107171.59  | 3810.00  | 145161.00 |
| $\Sigma$ | 446.96 | 1117.21 | 10946.75 | 326392.79 | 10758646.69 | 30060.20 | 907856.85 |

Nota: Condensación de los resultados del Ensayo Granulométricos de los investigadores juntos con el propio, específicamente el porcentaje que pasa en cada tamiz (tercera columna) y de acuerdo a esto se calcularon los otros datos para aplicación del Método de Mínimos Cuadrados, Elaboración Propia.

Reemplazando los datos de la tabla 6 en las Ecuaciones 2,3 y 4 se tienen lo siguiente:

$$y_i = a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2$$

$$1117.21 = 28.00 a_0 + 446.96a_1 + 10946.75a_2$$

$$x_i y_i = a_0x_i + a_1x_i^2 + a_2x_i^3$$

$$30060.20 = 446.96 a_0 + 10946.75a_1 + 326392.79a_2$$

$$x_i^2 y_i = a_0x_i^2 + a_1x_i^3 + a_2x_i^4$$

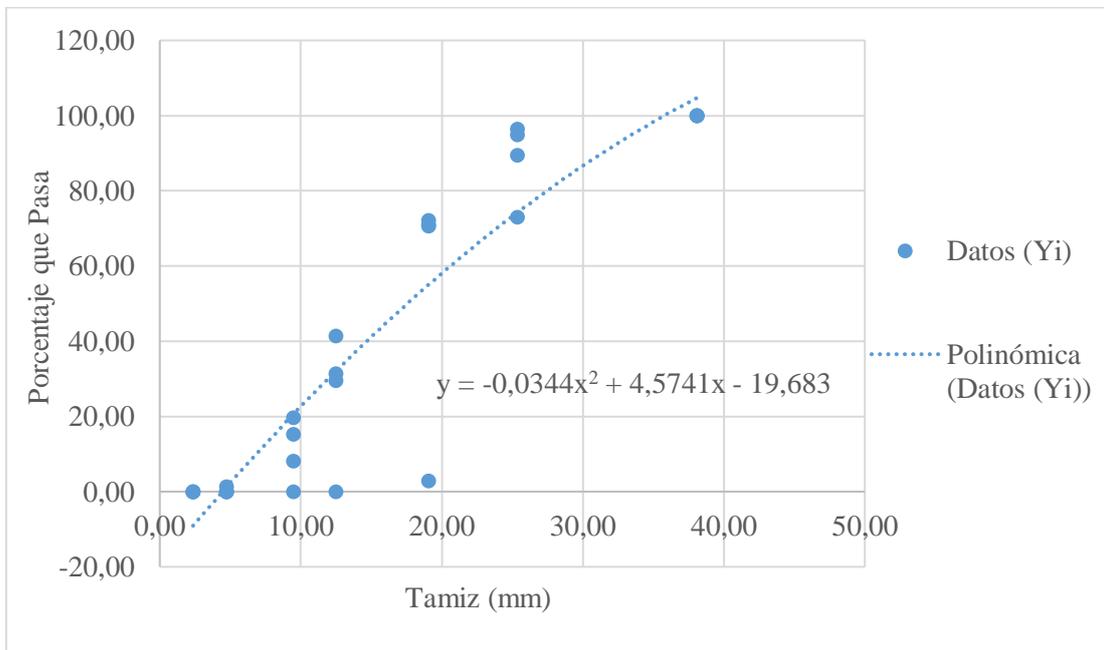
$$907856.85 = 10946.75 a_0 + 326392.79a_1 + 10758646.69a_2$$

Teniendo tres ecuaciones lineales con tres incógnitas, se puede darle forma matricial y luego se procede a aplicar el Método de la Matriz Inversa para la solución de este sistema de ecuaciones y así tenerlos resultados para  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$ .

$$\begin{vmatrix} 28.00 & 446.96 & 10946.75 \\ 446.96 & 10946.75 & 326392.79 \\ 10946.75 & 326392.79 & 10758646.69 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1117.21 \\ 30060.20 \\ 907856.85 \end{vmatrix}$$

Obteniendo los siguientes resultados para  $a_0=-19.683$ ,  $a_1= 4.574$  y  $a_2= -0.0344$ ; por lo que reemplazando en la primera ecuación se tendría la siguiente polinómica y llevando a la gráfica:

$$y = -0.0344x^2 + 4.574x - 19.683 \quad (5)$$



**Figura 7.** Curva Polinómica generada por los Datos Granulométricos del Agregado Grueso Reciclado.

De acuerdo a la Figura 5 y reemplazando los valores en X (Tamiz) seleccionados para Agregado Grueso en la Ecuación 5, se elabora la siguiente tabla.

**Tabla 10**

*Porcentaje que Pasa en cada tamiz de acuerdo al reemplazo en la Ecuación 5*

| Tamiz  | Abertura<br>(m.m.) | Reemplazados en la<br>Ecuación 5 | Considerados |
|--------|--------------------|----------------------------------|--------------|
| N° 8   | 2.36               | -9.08                            | 0            |
| N° 4   | 4.76               | 1.31                             | 1.31         |
| 3/8 "  | 9.52               | 20.75                            | 20.75        |
| 1/2 "  | 12.5               | 32.12                            | 32.12        |
| 3/4"   | 19.1               | 55.15                            | 55.15        |
| 1"     | 25.4               | 74.33                            | 74.33        |
| 1 1/2" | 38.1               | 104.72                           | 104.72       |

Nota: En la columna que indica reemplazados se refiere a los datos obtenido al reemplazar los tamices seleccionados en la Ecuación 5 y en la columna que indica Considerados son los que se tomaran en cuenta de acuerdo a los datos reemplazados para la curva granulométrica ideal, Elaboración propia.

De acuerdo a los datos considerados de la Tabla se grafica juntos con los limites Granulométricos del Huso 56.

**Tabla 11**

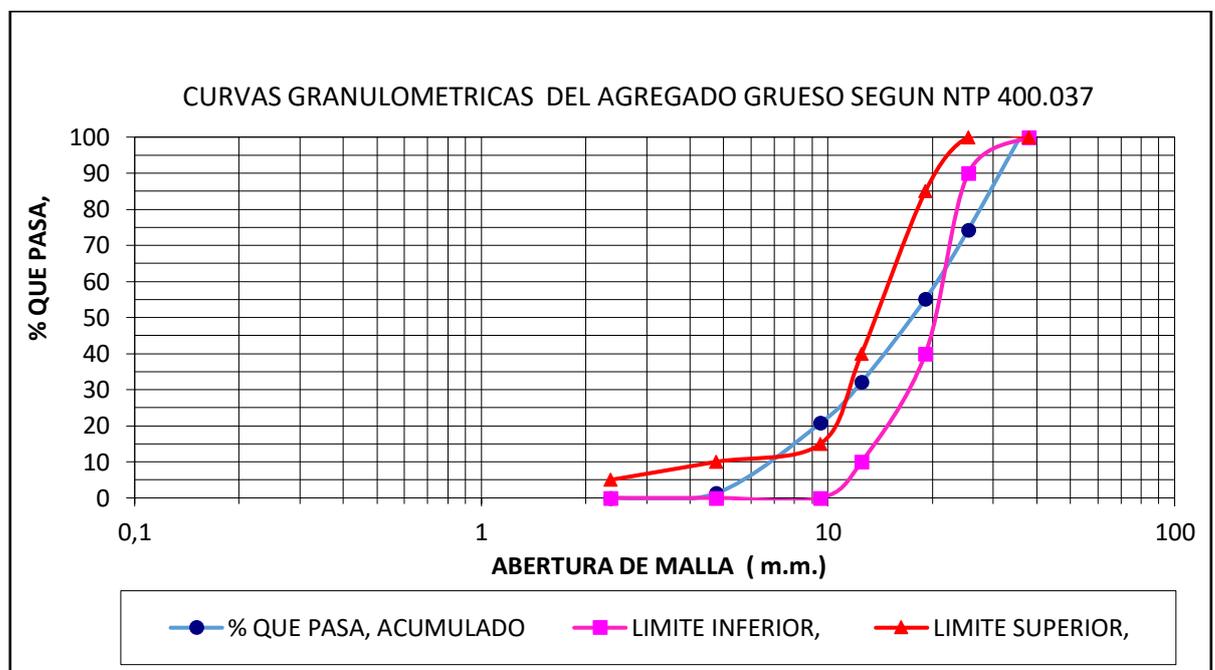
*Porcentaje Considerados para Curva Granulométrica Ideal*

| Tamiz | Abertura<br>(m.m.) | % Que Pasa, Acumulado |                    |                    |
|-------|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
|       |                    | % Que Pasa            | Límite<br>Inferior | Limite<br>Superior |

|        |       |        |        |        |
|--------|-------|--------|--------|--------|
| 1 1/2" | 38.10 | 104.72 | 100.00 | 100.00 |
| 1"     | 25.40 | 74.33  | 90.00  | 100.00 |
| 3/4"   | 19.10 | 55.15  | 40.00  | 85.00  |
| 1/2 "  | 12.50 | 32.12  | 10.00  | 40.00  |
| 3/8 "  | 9.52  | 20.75  | 0.00   | 15.00  |
| N° 4   | 4.76  | 1.31   | 0.00   | 5.00   |
| N° 8   | 2.36  | 0.00   | 0.00   | 0.00   |

Nota: En la tercera columna es el porcentaje que son considerados de la Tabla 9 con su respectivos

Limites Granulométricos de acuerdo al Huso 56, Elaboración propia.



**Figura 8.** Curva Granulométrica Ideal para el Agregado Grueso Reciclado para Tamaño Máximo

Nominal 1"

### **Respecto al Objetivo Especifico 3.**

Analizar la resistencia a la compresión del concreto referido elaborado con agregado grueso reciclado sustituyendo al agregado grueso natural.

### ***DISEÑO DE MEZCLA***

En todos los trabajos de investigación que la resistencia de diseño es  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup> al igual que mi trabajo de investigación desarrollada en ese entonces, se identificó que se utiliza el Método ACI 211.1 para el cálculo del Diseño de Mezcla según las propiedades físicas de los agregados, agua y cemento; el cual permite conocer cuánto de material se va usar para la elaboración de concreto de acuerdo a la resistencia de diseño.

- En mi caso, para la elaboración del diseño usé las propiedades del agregado naturales para proceder con los cálculos, dando finalmente el siguiente diseño:

1 : 3.49 : 4.26 31.71 l/kg

Como se observa, para una resistencia de concreto  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup> se utilizará mayor cantidad de Agregado Grueso con una proporción de 4.26. Así pues, con el diseño calculado se procedió con la elaboración de los especímenes de concreto, para los especímenes de concreto experimentales la cantidad de agregado grueso natural fue reemplazado el 50% por el agregado grueso reciclado impermeabilizado.

- De los investigadores Cubas y Cabrera (2019), para la elaboración del diseño los investigadores Cubas & Cabrera usaron las propiedades del

agregado naturales para proceder con lo cálculos, dando finalmente el siguiente diseño:

1 : 3.06 : 2.32 27.54 l/kg

Como se observa, para una resistencia de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> según las propiedades de los agregados se utilizará mayor cantidad de Agregado Fino con una proporción de 3.06. Así pues, con el diseño calculado procedieron con la elaboración de los especímenes de concreto, para los especímenes de concreto experimentales la cantidad de agregado grueso natural fue reemplazado el 10%, 20%, 30%, 40% por el agregado grueso reciclado.

- Del Investigador Ñuñuvero (2019), para la elaboración del diseño el investigador Ñuñuvero usaron las propiedades del agregado natural para el fino, pero para el grueso uso solamente las propiedades físicas del agregado reciclado para proceder con lo cálculos, dando finalmente el siguiente diseño:

1 : 3.21 : 2.92 29.57 l/kg

Como se observa, para una resistencia de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> según las propiedades de los agregados se utilizará mayor cantidad de Agregado Fino con una proporción de 3.21. Así pues, con el diseño calculado procedieron con la elaboración de los especímenes de concreto, para los especímenes de concreto experimentales la cantidad de agregado grueso natural fue reemplazado el 100% por el agregado grueso reciclado.

En la elaboración del concreto elaborado con reemplazo del 50% por agregado grueso reciclado impermeabilizado, se realizó de acuerdo al ASTM C31, en donde antes de la elaboración del concreto se verifico el asentamiento del concreto en el cual se tuvo como resultado 2.6” de asentamiento la mezcla del concreto con agregado grueso reciclado, menor que el asentamiento que se selección para los cálculos del diseño de mezcla que era 3” a 4”, aun así se continuo con la elaboración de la mezcla de concreto para proceder con la elaboración de pobretas de concreto.

### ***RESISTENCIA A LA COMPRESION***

Según la dosificación calculado por los investigadores para un diseño de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, en cada trabajo de investigación que están siendo tomadas como muestras de estudio; se procedió con la elaboración de las probetas de concreto siendo ensayadas a la edad de curado 7,14 y 28 días.

#### ***Ensayo a los 7 días de curado:***

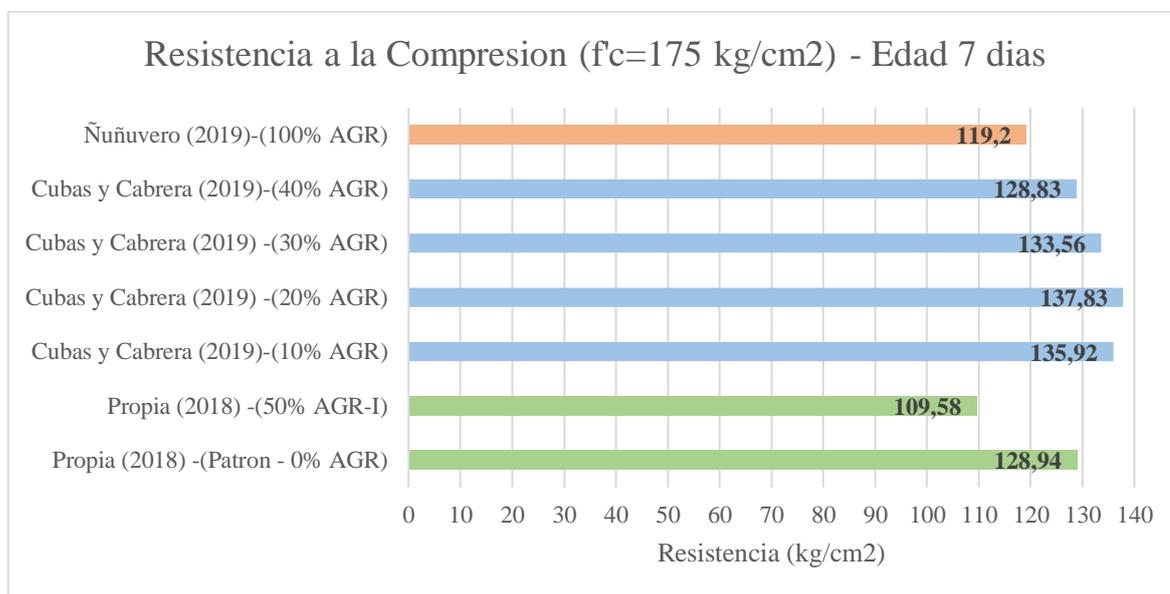
**Tabla 12**

*Resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión de concreto referido a la edad de 7 días*

| Investigador  | Descripción<br>(Reemplazo) | Fecha         |               | Días de<br>Curado | FC                 | FC/FC  |
|---------------|----------------------------|---------------|---------------|-------------------|--------------------|--------|
|               |                            | <b>Moldeo</b> | <b>Rotura</b> |                   | Prom               | Prom   |
|               |                            |               |               |                   | Kg/Cm <sup>2</sup> | (%)    |
| Propia (2018) | Patrón (0%-AGR)            | 13/11/2018    | 20/11/2018    | 7                 | 128.94             | 73.68% |

|                           |                             |            |            |   |        |        |
|---------------------------|-----------------------------|------------|------------|---|--------|--------|
|                           | 50% AGR<br>Impermeabilizado | 14/11/2018 | 21/11/2018 | 7 | 109.58 | 62.62% |
|                           | 10% AGR                     | 13/5/2019  | 20/5/2019  | 7 | 135.92 | 77.67% |
| Cubas y<br>Cabrera (2019) | 20% AGR                     | 13/5/2019  | 20/5/2019  | 7 | 137.83 | 78.76% |
|                           | 30% AGR                     | 13/5/2019  | 20/5/2019  | 7 | 133.56 | 76.32% |
|                           | 40% AGR                     | 13/5/2019  | 20/5/2019  | 7 | 128.83 | 73.62% |
| Ñuñuvero<br>(2019)        | 100% AGR                    | 12/2/2019  | 20/2/2019  | 7 | 119.20 | 68.11% |

Nota: El de los investigadores Cubas y Cabrera le corresponde los porcentajes de reemplazo 10%, 20%, 30% y 40% y el del investigador Ñuñuvero el reemplazo del 100%, la investigación Propia se reemplazó 50% de AGR-Impermeabilizado y se elaboró el concreto patrón con 0% de AGR, Elaboración Propia.



**Figura 9.** Comparativo de la Resistencia a la Compresión de Concreto referido a la edad de 7 días.

Se observa que la resistencia a la compresión a los 7 días de curados, el más alto les corresponde a los resultados de los investigadores Cubas y Cabrera reemplazando el 20% de Agregado Grueso Reciclado teniendo como Resistencia promedio 137.83 kg/cm<sup>2</sup>; y el más bajo es la que fue elaborada por mi persona en donde reemplaza el 50% de Agregado Grueso Reciclado Impermeabilizado teniendo como Resistencia Promedio de 109.58 kg/cm<sup>2</sup>.

***Ensayo a los 14 días de curado:***

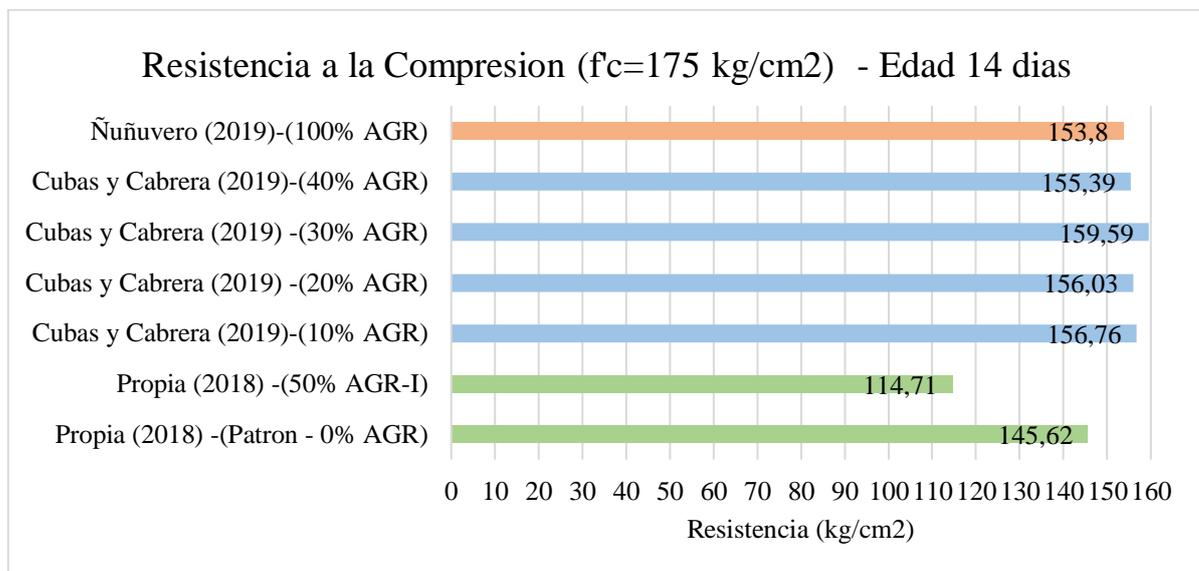
**Tabla 13**

*Resultados del Ensayo de Resistencia a la Compresión de concreto referido a la edad de 14 días.*

| Investigador              | Descripción<br>(Reemplazo)  | Fecha            |            | Días de<br>Curado | FC Prom<br>kg/cm <sup>2</sup> | FC/FC<br>Prom<br>(%) |
|---------------------------|-----------------------------|------------------|------------|-------------------|-------------------------------|----------------------|
|                           |                             | Moldeo           | Rotura     |                   |                               |                      |
|                           |                             | Patrón (0%- AGR) | 13/11/2018 |                   |                               |                      |
| Propia (2018)             | 50% AGR<br>Impermeabilizado | 14/11/2018       | 28/11/2018 | 14                | 114.71                        | 65.55%               |
|                           | 10% AGR                     | 13/5/2019        | 27/5/2019  | 14                | 156.76                        | 89.58%               |
| Cubas y Cabrera<br>(2019) | 20% AGR                     | 13/5/2019        | 27/5/2019  | 14                | 156.03                        | 89.16%               |
|                           | 30% AGR                     | 13/5/2019        | 27/5/2019  | 14                | 159.59                        | 91.19%               |
|                           | 40% AGR                     | 13/5/2019        | 27/5/2019  | 14                | 155.39                        | 88.79%               |

|                    |          |           |           |    |        |        |
|--------------------|----------|-----------|-----------|----|--------|--------|
| Ñuñuvero<br>(2019) | 100% AGR | 12/2/2019 | 27/2/2019 | 14 | 153.80 | 87.89% |
|--------------------|----------|-----------|-----------|----|--------|--------|

Nota: El de los investigadores Cubas y Cabrera le corresponde los porcentajes de reemplazo 10%, 20%, 30% y 40% y el del investigador Ñuñuvero el reemplazo del 100%, la investigación Propia se reemplazó 50% de AGR-Impermeabilizado y se elaboró el concreto patrón con 0% de AGR, Elaboración Propia.



**Figura 10.** Comparativo de la Resistencia a la Compresión de Concreto referido a la edad de 14 días.

Se observa que la resistencia a la compresión a los 14 días de curados, el más alto les corresponde a los resultados de la Cubas y Cabrera, pero al reemplazar 30% de Agregado Grueso Reciclado teniendo como Resistencia promedio 159.59 kg/cm<sup>2</sup>; y el más bajo es el concreto elaborado por mi persona en donde reemplaza el 50% de Agregado Grueso Reciclado Impermeabilizado teniendo como Resistencia Promedio de 114.71 kg/cm<sup>2</sup>.

***Ensayo a los 28 días de curado:***

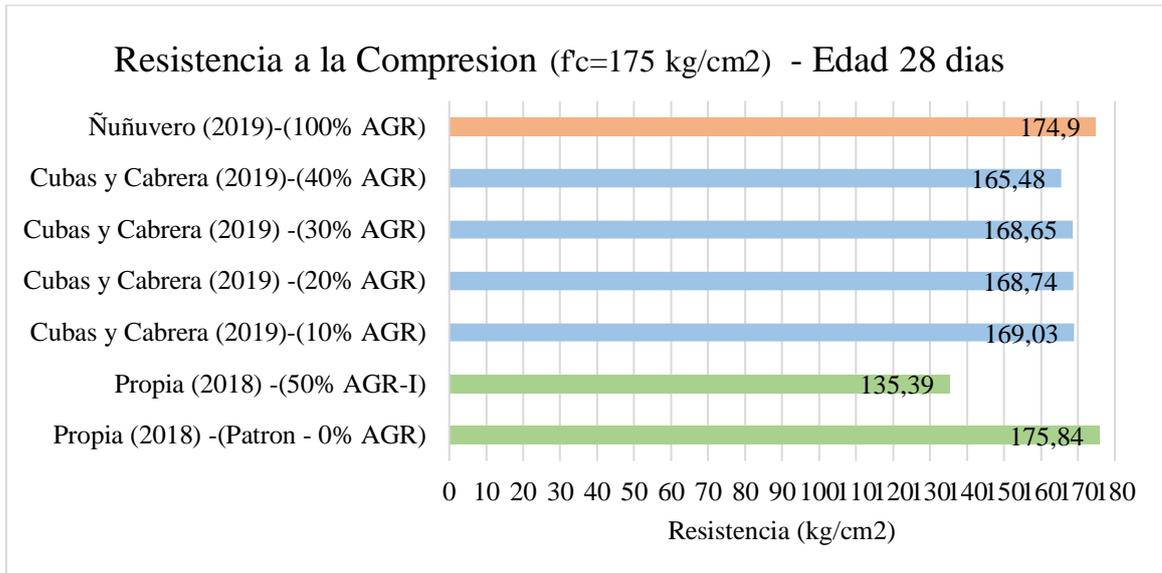
**Tabla 14**

*Resultados del ensayo de Resistencia a la Compresión de concreto referido a la edad de 28 días.*

| Investigador    | Descripción (Reemplazo)     | Fecha      |            | Días de Curado | FC                 | FC/FC  |
|-----------------|-----------------------------|------------|------------|----------------|--------------------|--------|
|                 |                             | Moldeo     | Rotura     |                | Prom               | Prom   |
|                 |                             |            |            |                | kg/cm <sup>2</sup> | (%)    |
|                 | Patrón (0% - AGR)           | 13/11/2018 | 11/12/2018 | 28             | 145.62             | 83.21% |
| Propia (2018)   | 50% AGR<br>Impermeabilizado | 14/11/2018 | 12/12/2018 | 28             | 135.39             | 77.37% |
|                 | 10% AGR                     | 13/5/2019  | 10/6/2019  | 28             | 169.03             | 96.59% |
| Cubas y Cabrera | 20% AGR                     | 13/5/2019  | 10/6/2019  | 28             | 168.74             | 96.42% |
| (2019)          | 30% AGR                     | 13/5/2019  | 10/6/2019  | 28             | 168.65             | 96.37% |
|                 | 40% AGR                     | 13/5/2019  | 10/6/2019  | 28             | 165.48             | 94.56% |
| Ñuñuvero        | 100% AGR                    | 13/2/2019  | 14/3/2019  | 28             | 174.90             | 99.94% |
| (2019)          |                             |            |            |                |                    |        |

Nota: El de los investigadores Cubas y Cabrera le corresponde los porcentajes de reemplazo 10%, 20%, 30% y 40%, y el del investigador Ñuñuvero el reemplazo del 100%, la investigación Propia se reemplazó 50% de AGR-Impermeabilizado y se elaboró el concreto patrón con 0% de AGR, Elaboración Propia.

De los datos observados en la Tabla 14, se elabora un gráfico de barras para observar a más detalle el resultado que dio en cada investigación la resistencia a la compresión a los 28 días, usando agregado reciclado para elaboración de concreto.

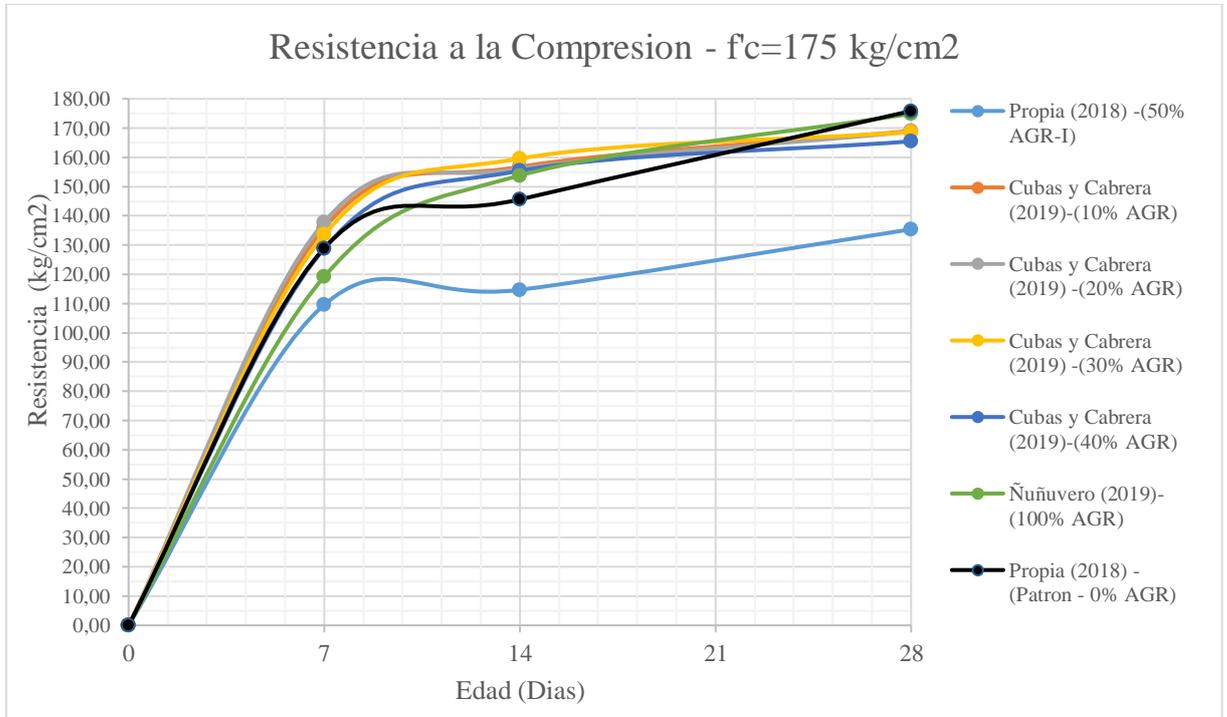


**Figura 11.** Comparativo de la Resistencia a la Compresión de Concreto referido a la edad de 28 días.

Finalmente, se observa que la resistencia a la compresión a los 28 días de curados, el más alto le corresponde a los resultados del Investigador Ñuñuvero al reemplazar 100% de Agregado Grueso Reciclado teniendo como Resistencia promedio 174.9 kg/cm<sup>2</sup> llegando al límite de la resistencia de diseño que es  $f_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>; y el más bajo es el concreto elaborado por mi persona en donde reemplazo el 50% de Agregado Grueso Reciclado Impermeabilizado teniendo como Resistencia Promedio de 135.39 kg/cm<sup>2</sup>.

Así pues, de acuerdo a los resultados de la resistencia a la compresión de concreto, se puede graficar las siguientes curvas pertenecientes al porcentaje de

reemplazo de cada investigador incluyendo la de mi persona, en donde se observa el resultado de la resistencia del concreto de acuerdo a cada edad en que fue ensayado.



**Figura 12.** Comparativo de la Resistencia a la Compresión de Concreto referido a la edad de 7, 14 y 28 días mediante curvas

## **Análisis y Discusión**

De acuerdo a los resultados del Ensayo de Granulometría, se podría decir que depende mucho de la trituración que se les dé a los residuos de demolición de concreto para transformarlo en agregado grueso que se pueda utilizar ya que la mayoría de los investigadores utilizaron una trituración mecánica como se puede observar en el inicio de los resultados, ya que el agregado cumple estando dentro los límites del Huso Granulométrico que tienen.

Como se observa en la Figura 5 el Agregado reciclado triturado de forma manual no siempre puede que cumpla con los límites granulométricos, ya que Meléndez también uso comba y su curva si está dentro de los límites, no obstante, el material que yo triture de forma manual no cumple con los límites porque pudo no haberse tenido control en la selección del material triturado, en cambio las curvas que mayormente que están dentro de los Límites según el Huso son del agregado reciclado triturado mecánicamente por lo que se podría decir que para tener una buena granulometría para el Agregado reciclado sería pasarlo por el mismo proceso de trituración que habitualmente pasa el agregado grueso natural.

En la Tabla 4 perteneciente al ensayo de Contenido de Humedad, el Agregado Reciclado Impermeabilizado esta aproximándose al valor que tiene el agregado Grueso Natural teniendo como resultado 2.16% a comparación del agregado grueso natural que tuvo un valor de 0.14%, al igual que en la Tabla 5 del ensayo de Peso Unitario suelto y compactado en el cual el agregado reciclado impermeabilizado tuvo 1246.88 kg/m<sup>3</sup> y 1389.42 kg/m<sup>3</sup> respectivamente, en cambio el agregado grueso natural tuvo 1432 kg/m<sup>3</sup> y 1587.00 kg/m<sup>3</sup>, .

Para el ensayo de peso específico, como se muestran en los resultados en la Tabla 6 el agregado reciclado en estado normal y el impermeabilizado muestran resultados semejantes con respecto a la propiedad del peso específico con una variación del 0.01%, pero siguen siendo menor que el peso específico al agregado grueso natural extraído de canteras siendo estos más altos que el agregado reciclado por lo que se podría deducir que esto se debe a que el agregado reciclado es más poroso y esto es seguro porque es su mayor parte del Agregado contiene parte de mortero adheridos a ellos y estos porque inicialmente fue un conglomerado de concreto al momento de la trituración quedan partes de este mortero en el material.

Para el ensayo de Absorción como se muestra en la misma Tabla 6, de acuerdo a Shahidan et al. (2017) en donde aplicaron resina epoxi al Agregado reciclado para que el porcentaje de absorción reduzca ya que el agregado reciclado al tener mortero parcial o totalmente este llegaría a ser poroso y absorbería más agua de lo que debería, es por ello se aplicó impermeabilizante bituminoso siendo este material al alcance y a disposición, y como se muestra en los resultados el agregado grueso reciclado en su condición normal es mayor siendo 4.44% que el Agregado Reciclado Impermeabilizado teniendo 3.21% cuya diferencia es de 1.23% por lo que se podría decir que el impermeabilizante si tuvo efecto en el agregado grueso reciclado reduciendo su capacidad de absorción; no obstante sigue siendo alto que el agregado grueso natural teniendo este último un 0.21% de Absorción.

Del segundo Objetivo que es la propuesta de una curva granulométrica ideal para agregado grueso reciclado, se citaron los resultados del ensayo granulométricos de los investigadores que están como antecedentes y se condensó en la Tabla 8,

teniendo los datos que en dispersión el objetivo era ajustarlo a una curva y para eso se tuvo que aplicar el método de mínimos cuadrados ya que este método genera una ecuación de segundo grado de acuerdo a los datos iniciales, esta ecuación de segundo grado al ser cuadrático forma una curva teniendo como variable independiente el tamaño de tamiz y variable dependiente los datos en dispersión que son el porcentaje que pasa de cada investigador citado, esta ecuación cuadrática final al reemplazar las mallas seleccionadas para agregado grueso tenemos los resultados que se muestran en la Tabla 9 de los reemplazados solo se toman los datos que se consideran lógicos, llevando estos datos a la Tabla 10 para mejor comprensión y se elabora la curva granulométrica que se muestra en la Figura 7, esta curva es solo para el material triturado teniendo un tamaño máximo nominal de 1" correspondiéndole los límites granulométricos del huso 56, por lo que se podría establecer que el porcentaje de material tamizado de acuerdo a los tamices 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8 le corresponde los siguientes porcentajes que debería pasar 104.72%, 74.33%, 55.15%, 32.12%, 20.75%, 1.31%, 0.00%, claro es una propuesta que futuras investigaciones pueden tener como referencia.

Con respecto a las propiedades mecánicas, siendo la dureza del material en la cual se utiliza el Ensayo a la abrasión para saber el porcentaje de desgaste que tiene, como se muestra en los resultados se puede analizar según la procedencia que tiene el agregado reciclado como se observa de los otros investigadores en donde se muestra que las muestras que tienen menor porcentaje de desgaste es el Agregado Reciclado de procedencia de concreto estructural siendo la muestra que me pertenece y la muestra del investigador Ñuñuvero que llegan a ser semejante; además la del investigador

Ruelas que es de procedencia de pavimento rígido y la de los investigadores Cubas y Cabrera que proviene de probetas de concreto tiene resultados similares en el porcentaje de desgaste; teniendo como mejores resultados al agregado reciclado de procedencia de concreto estructural; sin embargo son muchos mayores que el Agregado Grueso Natural extraído de canteras pero siguen estando dentro del límite según la Norma Técnica Peruana 400.037 Especificaciones normalizadas para agregados en concreto, en donde indica que el agregado grueso para concreto debería tener como resultado menor al 50% de desgaste; por ende de los resultados de los investigadores y de mi investigación si cumple con ese límite por lo que se podría decir que el agregado grueso reciclado de concreto si es aceptable en ese sentido como agregado grueso aunque preferentemente seria de procedencia de concreto estructural.

Con respecto al último objetivo específico en que se basaba al análisis de la resistencia a la compresión del concreto referido elaborado con agregado grueso reciclado sustituyendo al agregado grueso natural; como se observa en los resultados de los investigadores que tuvieron como diseño de concreto un  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> ya que es el diseño con que yo investigue en ese entonces; Para la fabricación del concreto, el diseño de mezcla que se calculó fueron con las propiedades de los agregados naturales, y al momento de la mezcla de materiales se iba a reemplazar el 50% del agregado grueso natural por agregado grueso reciclado impermeabilizado, al igual que los investigadores Cubas y Cabrera que también hicieron el mismo procedimiento de usar las propiedades del agregado naturales y después en la proporción de material reemplazar según el porcentaje que experimente como es del 10%, 20%, 30% y 40% por el agregado reciclado; no obstante el investigador Ñuñuvero usó las propiedades

del agregado reciclado para el cálculo del diseño de mezcla, y puede ser porque él reemplazara el 100% el agregado grueso natural por el agregado reciclado por lo que opto usar las propiedades del agregado reciclado.

En mi caso y de los otros investigadores en el que se está comparando, para la elaboración y curado de especímenes de concreto se realizaron de acuerdo como establece la norma ASTM C31, donde nos indica que de acuerdo al diámetro del cilindro de concreto es el número de varillado por capa, y en este caso para todos era 6" entonces se indica que deben ser 3 capas y en cada una de ellas 25 varillado por cada capa, después se desencofro cuidadosamente llevándose a curado por 7, 14 y 28 días.

Analizando la Figura 9, el concreto elaborado con agregado grueso reciclado al 50% de reemplazo en la cual yo fui el investigador no brinda buenos resultados en el ensayo a la compresión desde los 7 días de edad hasta los 28 días que debería llegar al 100% de resistencia de diseño siendo 175 kg/cm<sup>2</sup>, teniendo como ultima resistencia a los 28 días 135.39 kg/cm<sup>2</sup> llegando solo al 77.37% de la resistencia de diseño comparado al concreto patrón con 0% de Agregado Grueso reciclado sustituido que presenta 175.84 kg/cm<sup>2</sup> que equivale a un 100.48% promedio de la resistencia de diseño que es  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup> por lo que el diseño de mezcla que se empleó no pudo haber estado mal calculado; puede que la impermeabilización que se le dio al agregado reciclado con en el bituminoso no se tuvo ninguna mejora en la resistencia, ya que al estar en momento de la mezcla esta se fractura generando grietas donde absorbe agua.

Según Abanto (2009), los factores que podrían afectar al aumento o baja de la resistencia del concreto pueden ser debido a la relación agua-cemento (a/c), el contenido de cemento, tipo de cemento y las condiciones de curados.

Sobre la primera razón puede que haya sido porque al momento de la preparación de la mezcla se observó que la consistencia aún seguía seca por lo que se optó por la incorporación de más agua de lo que mandaba el diseño de mezcla, por lo que analizando detenidamente se cometió un error ya que debió haberse recalculado el diseño para que la cantidad de materiales sean exactos; por lo que se podría deducir que mientras más agua consecuentemente la resistencia disminuye como se puede observar en los resultados al ensayo a la compresión de las probetas de concreto.

Del contenido de cemento, como se indica en el párrafo anterior debía haberse recalculado el diseño dado que la mezcla que se estaba elaborando presentaba signos de sequedad a causa de falta de agua, es por ello que haber un recalcu podría haber cambiado la cantidad de cemento brindándole más resistencia.

Con el curado de las probetas de concreto se siguió con el respectivo procedimiento, y sobre el tipo de cemento se escogió el Tipo I y con la fecha de lote más actual al momento de elaborar el concreto.

A comparación con los otros investigadores como se muestra en la Figura 9, siendo el mismo tipo de Cemento y que según ellos siguieron el proceso de curada como se establece pero con diferente porcentaje de reemplazo de agregado grueso reciclado, el mejor resultado que presenta el del investigador Ñuñuvero que de acuerdo a cada edad está en el rango aproximado que debería llegar la resistencia del concreto, como se puede ver en la edad de 7 días una resistencia promedio de 119.20 kg/cm<sup>2</sup>

siendo el 68.11% de la resistencia de diseño de 175 kg/cm<sup>2</sup>, también a los 14 días teniendo como resistencia 153.80% siendo el 87.89% y finalmente a los 28 días teniendo como resistencia promedio 174.90% siendo e. 99.94% de la resistencia de diseño; por lo que se deduce que elaborar un concreto al reemplazar el 100% de agregado grueso por agregado reciclado muestra buenos resultados.

Sobre los resultados de los investigadores Cubas y Cabrera, si llegaron a la resistencia diseñada de  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, pero ligeramente menor que la de Ñuñuvero, siendo la más alta al reemplazar solo el 10% de agregado grueso por agregado grueso reciclado llegando a los 28 días de edad una resistencia promedio de  $f_c=169.03$  kg/cm<sup>2</sup> siendo el 96.59% de la resistencia de diseño.

Con lo mencionado, al haber un antecedente de que al sustituir el 100% de agregado grueso natural por agregado grueso reciclado llegan a tener buenos resultados para una resistencia de concreto  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>, por lo que la experimentación que realice para mi trabajo de investigación que realice en ese entonces sobre impermeabilizar el agregado grueso reciclado para reducir el porcentaje de absorción de agua no tuvo buenos resultados, y si se piensa en algo mas grande como la gestión del uso del agregado reciclado para concreto para reducir gastos, y llegar impermeabilizarlo aumentaría los gastos en producción, así que mejor sería utilizar el agregado grueso reciclado de la forma que se encuentra ya que tiene buenos resultados a una resistencia  $f'_c=175$  kg/cm<sup>2</sup>.

## Conclusiones

Las propiedades físicas del Agregado Grueso Reciclado presentan resultados semejantes al agregado grueso natural cumpliendo con lo que establece la norma, además de que hay una reducción considerable en el porcentaje de absorción aplicándole la Impermeabilización bituminosa.

La propuesta de la curva granulométrica ideal puede ser utilizado como referente para futuras investigaciones en que se utilice el agregado grueso reciclado con un tamaño máximo nominal de 1”.

En cuanto a las propiedades mecánicas, el agregado grueso reciclado de acuerdo a la procedencia de donde se obtiene tiene menor porcentaje al desgaste como se demuestra en la comparación que se hizo, siendo la procedencia de concreto estructural el mejor resultado, no obstante, de otra procedencia no es tan significativo, pero si están dentro de los límites establecidos por la norma.

De la Resistencia a la compresión del concreto se concluye que, se utilice aproximadamente como máximo un 30% de agregado grueso reciclado para sustitución del agregado grueso natural para elaboración de concreto  $f'c=175\text{kg/cm}^2$  y que no sería necesario la impermeabilización ya que como se comparó anteriormente aun no teniendo este aditivo llegan a la resistencia de diseño.

## **Recomendaciones**

En futuras investigaciones se recomienda que en la trituración del agregado grueso reciclado sea de proceso mecánico, es decir, con una maquina chancadora puesta esta ya filtra el agregado en el tamaño deseado y no habría mucha dispersión como se mostró con el agregado grueso reciclado triturado manualmente usando una comba.

De la obtención del agregado grueso reciclado, se recomienda que el material (desmonte) tenga el mismo proceso como el del agregado grueso natural, implicando que pase por una trituración mecánica mediante una chancadora ya que aparte de triturarlo al tamaño requerido lo filtra para que no tenga mucha dispersión en el tamaño.

Aunque el resultado de porcentaje de abrasión en todos los casos de agregado grueso reciclado con diferentes procedencias está dentro del límite que establece la norma, se recomienda que se use agregado grueso reciclado de procedencia de concreto estructural, ya que este concreto fue diseñado con alta resistencias.

Para la elaboración de concreto, se recomienda que se tenga mejor control en el momento de hacer la mezcla porque puede aparecer errores en el diseño como se vio en la investigación que hice en ese entonces.

A nivel académico, si es que se quiere investigar experimentalmente el agregado grueso reciclado impermeabilizado se recomienda utilizar otra resina que aparte de dar impermeabilización también dar más enganche con cada agregado reciclado, puede ser la resina natural o artificial.

Al investigar a los residuos de construcción y demolición usándolo como agregado grueso reciclado, sería una buena forma de mitigar la contaminación que esta misma genera dándole un segundo uso en vez de ser solo desecho y que en futuras investigaciones se proponga sistemas de recolección de este material en diferentes ciudades.

## Referencias Bibliográficas

- Abanto, F. (2009). *Tecnología de Concreto*. Lima, Peru: Editorial San Marcos.
- Alanya, J. (2020). *Elaboracion de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> utilizando concreto reciclado de vias peatonales como agregado grueso, Huanuco 2019 [Tesis de Pregrado en Ingenieria Civil, Universidad de Huanuco]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2447>
- Castro , A., & Paredes , C. (2018). *Diseño de concreto estructural de resistencia mayores a 210 kg cm<sup>2</sup> / con materiales reciclados de concreto, San Juan de Lurigancho, 2018 [Tesis de Pregrado en Ingenieria Civil, Universidad Cesar Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36871?locale-attribute=en>
- Cubas, H., & Cabrera, J. (2019). *Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional [Tesis de Pregrado en Ingenieria Civil, Universidad Peruana Union]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2257>
- Decreto Supremo 003-2013-VIVIENDA, Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición, pub. 08 de febrero de 2013.
- Materiales Bituminosos*. (s.f). Recuperado el 2020 de Setiembre de 30, de Wikipedia: [https://es.wikipedia.org/wiki/Materiales\\_bituminosos](https://es.wikipedia.org/wiki/Materiales_bituminosos)
- Melendez, A. (2016). *Utilización del concreto reciclado como agregado (grueso y fino) para un diseño de mezcla  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Huaraz-2016*

[Tesis de Pregrado en Ingeniería Civil, Universidad San Pedro]. Repositorio Institucional. Obtenido de

<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/4372>

Norma Técnica Peruana 339.185 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado”

Norma Técnica Peruana 400.012 “AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global”

Norma Técnica Peruana 400.017 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados”

Norma Técnica Peruana 400.019 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles”

Norma Técnica Peruana 400.021 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso”

Norma Técnica Peruana 400.022 “AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino”

Norma Técnica Peruana 400.037 “AGREGADOS. Especificaciones normalizadas para agregados en concreto”

Ñuñuvero, L. (2019). *Dosificación para la elaboración de concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> usando los residuos de demoliciones de concreto estructural como agregado grueso, Nuevo Chimbote - 2019* [Tesis de Pregrado en Ingeniería Civil,

- Universidad Cesar Vallejo*]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/35889>
- Pasquel, E. (1993). *Tópicos de tecnología de concreto en el Perú*. Lima, Peru: CIP-Consejo Nacional.
- Rivva, E. (2000). *Naturaleza y materiales de construcción*. Lima, Peru: ACI Peru.
- Ruelas, E. (2015). *Uso de pavimento rígido reciclado de la ciudad de puno, como agregado grueso para la producción de concreto [Tesis de Pregrado en Ingeniería Civil, Universidad Nacional del Altiplano]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2038>
- Sanchez, D. (2001). *Tecnología del concreto y del mortero*. Bogota, Colombia: Bhandar Editores LTDA.
- Shahidan, S., Azim, M., Kupusamy, K., Salwa, S., & Ali, N. (2017). *Utilizing Construction and Demolition (C&D) Waste as Recycled Aggregates (RA) in Concrete* (Vol. 174). ELSEVIER. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817302552>

## **Agradecimientos**

A Dios por brindarme salud y permitirme culminar mis estudios con éxito, mediante su protección y sabiduría que me brindo a lo largo de toda mi formación profesional.

A mis padres y hermanos por estar siempre conmigo brindándome su apoyo incondicional en todo momento.

A mi asesor por el compromiso y apoyo que me brindo a lo largo de este periodo académico.

## **Anexos**

Anexo 1. Matriz de Consistencia

| Problema  | Objetivos   | Variables   |
|---|---|---|
| <p>¿Tendrá propiedades semejantes el agregado grueso reciclado como sustituto del agregado grueso natural para optar en sustituirlo en la elaboración de concreto referido?</p> | <p><b><u>Objetivo General</u></b><br/>                     Realizar el estudio comparativo de las propiedades del agregado reciclado como sustituto del agregado grueso natural en concretos referidos.</p> <p><b><u>Objetivos Específicos</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Analizar y comparar las propiedades físicas del agregado grueso reciclado sometido a ensayos referidos con respecto al agregado grueso natural.</li> <li>•Propuesta de Curva Granulométrica Ideal para el Agregado Grueso Reciclado.</li> <li>•Analizar y comparar las propiedades mecánicas del agregado grueso reciclado sometido a ensayos referidos con respecto al agregado grueso natural.</li> <li>•Analizar la resistencia a la compresión del concreto referido elaborado con agregado grueso reciclado sustituyendo al agregado grueso natural.</li> </ul> | <p>*Propiedades de los agregados grueso reciclado Referidos.</p> <p>*Resistencia del concreto referidos</p> |

Nota: Fuente Elaboración Propia

## Anexo 2. Fichas Técnicas de Granulometría

| <b>FICHA TECNICA N°01: PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>   |   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
|--|---|-----------------------|------------------|--------------------|--------|----------------|--------|------------------------|----|-------------------|----|
| MUESTRA:   | 01  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| TITULO DE INVESTIGACION:   | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> ) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| AUTOR:   | Marco Hugo Alva Rosas   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| UNIVERSIDAD:   | Universidad San Pedro   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| MATERIAL:  | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| PROCEDENCIA:   | Residuos de Concreto Estructural  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION:   | 50%   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| DISEÑO DE CONCRETO:  | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| UBICACIÓN:   | Chimbote - Peru   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| <b>ENSAYO DE GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>   |   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| <i>NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.</i>  |   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| <b>AGREGADO GRUESO</b>   |   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| TAMIZ  | Peso retenido   | % ret.Parcial         | % ret.Acumu      | % Que pasa         |        |                |        |                        |    |                   |    |
| N°   | ABERT.(MM)  | (gr.)                 | (%)              | (%)                | (%)    |                |        |                        |    |                   |    |
| 3"   | 76.20   | 0.00                  | 0.00             | 0.00               | 100.00 |                |        |                        |    |                   |    |
| 2 1/2"   | 63.00   | 0.00                  | 0.00             | 0.00               | 100.00 |                |        |                        |    |                   |    |
| 2"   | 50.80   | 0.00                  | 0.00             | 0.00               | 100.00 |                |        |                        |    |                   |    |
| 1 1/2"   | 38.10   | 0.00                  | 0.00             | 0.00               | 100.00 |                |        |                        |    |                   |    |
| 1"   | 25.40   | 463.50                | 26.99            | 26.99              | 73.01  |                |        |                        |    |                   |    |
| 3/4"   | 19.10   | 1,203.50              | 70.09            | 97.09              | 2.91   |                |        |                        |    |                   |    |
| 1/2"   | 12.50   | 49.00                 | 2.85             | 99.94              | 0.06   |                |        |                        |    |                   |    |
| 3/8"   | 9.52  | 1.00                  | 0.06             | 100.00             | 0.00   |                |        |                        |    |                   |    |
| N°4  | 4.76  | 0.00                  | 0.00             | 100.00             | 0.00   |                |        |                        |    |                   |    |
| N°8  | 2.36  | 0.00                  | 0.00             | 100.00             | 0.00   |                |        |                        |    |                   |    |
| N°16   | 1.18  | 0.00                  | 0.00             | 100.00             | 0.00   |                |        |                        |    |                   |    |
| N°30   | 0.60  | 0.00                  | 0.00             | 100.00             | 0.00   |                |        |                        |    |                   |    |
| N°50   | 0.30  | 0.00                  | 0.00             | 100.00             | 0.00   |                |        |                        |    |                   |    |
| N°100  | 0.15  | 0.00                  | 0.00             | 100.00             | 0.00   |                |        |                        |    |                   |    |
| N°200  | 0.05  | 0.00                  | 0.00             | 100.00             | 0.00   |                |        |                        |    |                   |    |
| FONDO  |   | 0.00                  | 0.00             | 100.00             | 0.00   |                |        |                        |    |                   |    |
|  |   | 1,717.00              | 100.00           |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| <table border="1"> <tr> <td>TAMAÑO MAXIMO:</td> <td>1 1/2"</td> </tr> <tr> <td>TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:</td> <td>1"</td> </tr> <tr> <td>HUSO GRANULOMETRI</td> <td>56</td> </tr> </table>  |   |                       |                  |                    |        | TAMAÑO MAXIMO: | 1 1/2" | TAMAÑO MAXIMO NOMINAL: | 1" | HUSO GRANULOMETRI | 56 |
| TAMAÑO MAXIMO:   | 1 1/2"  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:   | 1"  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| HUSO GRANULOMETRI  | 56  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| <b>CURVA GRANULOMETRICA:</b>   |   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| TAMIZ  | ABERTURA (m.m.)   | % QUE PASA, ACUMULADO |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
|  |   | % QUEPASA, ACUMULADO  | LIMITE INFERIOR, | LIMITE SUPERIOR R. |        |                |        |                        |    |                   |    |
| 3"   | 76.2  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| 2 1/2"   | 63  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| 2  | 50.80   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| 1 1/2"   | 38.10   | 100.00                | 100.00           | 100.00             |        |                |        |                        |    |                   |    |
| 1"   | 25.40   | 73.01                 | 90.00            | 100.00             |        |                |        |                        |    |                   |    |
| 3/4"   | 19.10   | 2.91                  | 40.00            | 85.00              |        |                |        |                        |    |                   |    |
| 1/2"   | 12.50   | 0.06                  | 10.00            | 40.00              |        |                |        |                        |    |                   |    |
| 3/8"   | 9.52  | 0.00                  | 0.00             | 15.00              |        |                |        |                        |    |                   |    |
| N° 4   | 4.76  | 0.00                  | 0.00             | 5.00               |        |                |        |                        |    |                   |    |
| N° 8   | 2.36  | 0.00                  | 0.00             | 0.00               |        |                |        |                        |    |                   |    |
| N° 16  | 1.18  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| N° 30  | 0.60  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| N° 50  | 0.30  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| N° 100   | 0.15  |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| <b>CURVAS GRANULOMETRICAS DEL AGREGADO GRUESO SEGUN NTP 400.037</b>  |   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
|  |   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| <p>—●— % QUE PASA, ACUMULADO    —■— LIMITE INFERIOR,    —▲— LIMITE SUPERIOR,</p>   |   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| <b>OBSERVACION/COMENTARIO:</b>   |   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |
| La curva granulométrica generada según el material tamizado no está dentro de los límites establecido por el Huso Granulométrico que tiene según el Tamaño máximo nominal del Agregado Reciclado, esta por debajo de Limite inferior |   |                       |                  |                    |        |                |        |                        |    |                   |    |

**FICHA TECNICA N°01: PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO**

MUESTRA: 02  
 TITULO DE INVESTIGACION: "ELABORACIÓN DE CONCRETO F'c = 175 KG/CM2 UTILIZANDO CONCRETO RECICLADO DE VIAS PEATONALES COMO AGREGADO GRUESO, HUÁNUCO 2019"  
 AUTOR: Alanya Chamorro, Jorge Luis  
 UNIVERSIDAD: Universidad de Huanuco  
 MATERIAL: Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado  
 PROCEDENCIA: Residuos de Vías Peatonales  
 PORCENTAJE DE SUSTITUCION: 15%, 30% y 45%  
 DISEÑO DE CONCRETO: f'c=175 kg/cm2  
 UBICACIÓN: Huanuco - Peru

**ENSAYO DE GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO**

NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

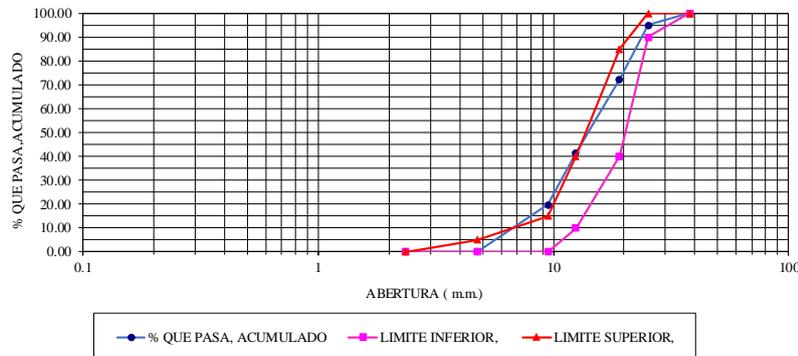
| AGREGADO GRUESO |            |                     |                   |                 |                |
|-----------------|------------|---------------------|-------------------|-----------------|----------------|
| TAMIZ           | ABERT.(MM) | Peso retenido (gr.) | % ret.Parcial (%) | % ret.Acumu (%) | % Que pasa (%) |
| 3"              | 76.20      | 0.00                | 0.00              | 0.00            | 100.00         |
| 2 1/2"          | 63.00      | 0.00                | 0.00              | 0.00            | 100.00         |
| 2"              | 50.80      | 0.00                | 0.00              | 0.00            | 100.00         |
| 1 1/2"          | 38.10      | 0.00                | 0.00              | 0.00            | 100.00         |
| 1"              | 25.40      | 291.40              | 5.09              | 5.09            | 94.91          |
| 3/4"            | 19.10      | 1,300.50            | 22.70             | 27.79           | 72.21          |
| 1/2"            | 12.50      | 1,767.60            | 30.85             | 58.64           | 41.36          |
| 3/8"            | 9.52       | 1,241.30            | 21.67             | 80.31           | 19.69          |
| N°4             | 4.76       | 1,126.00            | 19.65             | 99.96           | 0.04           |
| N°8             | 2.36       | 2.10                | 0.04              | 100.00          | 0.00           |
| N°16            | 1.18       | 0.00                | 0.00              | 100.00          | 0.00           |
| N°30            | 0.60       | 0.00                | 0.00              | 100.00          | 0.00           |
| N°50            | 0.30       | 0.00                | 0.00              | 100.00          | 0.00           |
| N°100           | 0.15       | 0.00                | 0.00              | 100.00          | 0.00           |
| N°200           | 0.05       | 0.00                | 0.00              | 100.00          | 0.00           |
| FONDO           |            | 0.00                | 0.00              | 100.00          | 0.00           |
|                 |            | 5,728.90            | 100.00            |                 |                |

|                        |        |
|------------------------|--------|
| TAMAÑO MAXIMO:         | 1 1/2" |
| TAMAÑO MAXIMO NOMINAL: | 1"     |
| HUSO GRANULOMETRI:     | 56     |

**CURVA GRANULOMETRICA:**

| TAMIZ  | ABERTURA (m.m.) | % QUE PASA, ACUMULADO |                  |                  |
|--------|-----------------|-----------------------|------------------|------------------|
|        |                 | % QUE PASA, ACUMULADO | LIMITE INFERIOR, | LIMITE SUPERIOR, |
| 3"     | 76.2            |                       |                  |                  |
| 2 1/2" | 63              |                       |                  |                  |
| 2      | 50.80           |                       |                  |                  |
| 1 1/2" | 38.10           | 100.00                | 100.00           | 100.00           |
| 1"     | 25.40           | 94.91                 | 90.00            | 100.00           |
| 3/4"   | 19.10           | 72.21                 | 40.00            | 85.00            |
| 1/2"   | 12.50           | 41.36                 | 10.00            | 40.00            |
| 3/8"   | 9.52            | 19.69                 | 0.00             | 15.00            |
| N° 4   | 4.76            | 0.04                  | 0.00             | 5.00             |
| N° 8   | 2.36            | 0.00                  | 0.00             | 0.00             |
| N° 16  | 1.18            |                       |                  |                  |
| N° 30  | 0.60            |                       |                  |                  |
| N° 50  | 0.30            |                       |                  |                  |
| N° 100 | 0.15            |                       |                  |                  |

CURVAS GRANULOMETRICAS DEL AGREGADO GRUESO SEGUN NTP 400.037



**OBSERVACION/COMENTARIO:**

El agregado reciclado obtenido por el investigador Alanya, se observa que la curva granulométrica generada según el material tamizado está parcialmente dentro de los límites establecido por el Huso Granulométrico

**FICHA TECNICA N°01: PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| MUESTRA:                   | 03   |
| TITULO DE INVESTIGACION:   | "Diseño de concreto estructural de resistencia mayores a 210 kg/cm2 con materiales reciclados de concreto, San Juan de Lurigancho, 2018" |
| AUTOR:                     | Castro Cruz, Alejandro Michel & Paredes Vilca, Carmen Sophia   |
| UNIVERSIDAD:               | Universidad Cesar Vallejo  |
| MATERIAL:                  | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado   |
| PROCEDENCIA:               | Residuos de Concreto Estructural   |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION: | 25%, 50% y 75%   |
| DISEÑO DE CONCRETO:        | f'c=210 kg/cm2   |
| UBICACIÓN:                 | Lima - Peru  |

**ENSAYO DE GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO**

NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

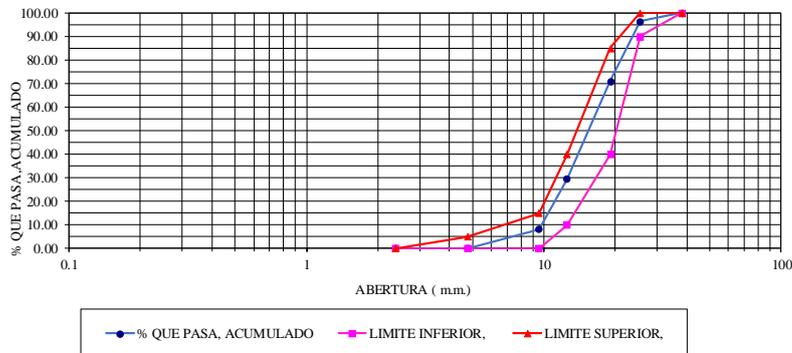
| AGREGADO GRUESO |            |               |               |            |           |
|-----------------|------------|---------------|---------------|------------|-----------|
| TAMIZ           |            | Peso retenido | % ret.Parcial | %ret.Acumu | %Que pasa |
| N°              | ABERT.(MM) | (gr.)         | (%)           | (%)        | (%)       |
| 3"              | 76.20      | 0.00          | 0.00          | 0.00       | 100.00    |
| 2 1/2"          | 63.00      | 0.00          | 0.00          | 0.00       | 100.00    |
| 2"              | 50.80      | 0.00          | 0.00          | 0.00       | 100.00    |
| 1 1/2"          | 38.10      | 0.00          | 0.00          | 0.00       | 100.00    |
| 1"              | 25.40      | 106.00        | 3.64          | 3.64       | 96.36     |
| 3/4"            | 19.10      | 737.00        | 25.33         | 28.97      | 71.03     |
| 1/2"            | 12.50      | 1,208.00      | 41.51         | 70.48      | 29.52     |
| 3/8"            | 9.52       | 624.00        | 21.44         | 91.92      | 8.08      |
| N°4             | 4.76       | 235.00        | 8.08          | 100.00     | 0.00      |
| N°8             | 2.36       | 0.00          | 0.00          | 100.00     | 0.00      |
| N°16            | 1.18       | 0.00          | 0.00          | 100.00     | 0.00      |
| N°30            | 0.60       | 0.00          | 0.00          | 100.00     | 0.00      |
| N°50            | 0.30       | 0.00          | 0.00          | 100.00     | 0.00      |
| N°100           | 0.15       | 0.00          | 0.00          | 100.00     | 0.00      |
| FONDO           |            | 0.00          | 0.00          | 100.00     | 0.00      |
|                 |            | 2,910.00      | 100.00        |            |           |

|                        |        |
|------------------------|--------|
| TAMAÑO MAXIMO:         | 1 1/2" |
| TAMAÑO MAXIMO NOMINAL: | 1"     |
| HUSO GRANULOMETRICO    | 56     |

**CURVA GRANULOMETRICA:**

| TAMIZ  | ABERTURA (m.m.) | % QUE PASA, ACUMULADO |                  |                  |
|--------|-----------------|-----------------------|------------------|------------------|
|        |                 | % QUE PASA, ACUMULADO | LIMITE INFERIOR, | LIMITE SUPERIOR, |
| 3"     | 76.2            |                       |                  |                  |
| 2 1/2" | 63              |                       |                  |                  |
| 2      | 50.80           |                       |                  |                  |
| 1 1/2" | 38.10           | 100.00                | 100.00           | 100.00           |
| 1"     | 25.40           | 96.36                 | 90.00            | 100.00           |
| 3/4"   | 19.10           | 71.03                 | 40.00            | 85.00            |
| 1/2 "  | 12.50           | 29.52                 | 10.00            | 40.00            |
| 3/8 "  | 9.52            | 8.08                  | 0.00             | 15.00            |
| N° 4   | 4.76            | 0.00                  | 0.00             | 5.00             |
| N° 8   | 2.36            | 0.00                  | 0.00             | 0.00             |
| N° 16  | 1.18            |                       |                  |                  |
| N° 30  | 0.60            |                       |                  |                  |
| N° 50  | 0.30            |                       |                  |                  |
| N° 100 | 0.15            |                       |                  |                  |

CURVAS GRANULOMETRICAS DEL AGREGADO GRUESO SEGUN NTP 400.037



OBSERVACION/COMENTARIO:  
El agregado reciclado obtenido por los investigadores Castro y Paredes, se observa que la curva granulométrica generada según el material tamizado no está dentro de los límites establecido por el Huso Granulométrico

**FICHA TECNICA N°01: PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO**

MUESTRA: 04  
 TITULO DE INVESTIGACION: "UTILIZACION DEL CONCRETO RECICLADO COMO AGREGADO (GRUESO Y FINO) PARA UN DISEÑO DE MEZCLA F'c = 210 Kg/Cm2 EN LA CIUDAD DE HUARAZ-2016."  
 AUTOR: Meléndez Cueva Anibal Rogelio  
 UNIVERSIDAD: Universidad San Pedro  
 MATERIAL: Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado  
 PROCEDENCIA: Residuos de elementos estructurales  
 PORCENTAJE DE SUSTITUCION: 100%  
 DISEÑO DE CONCRETO: f'c=210 kg/cm2  
 UBICACIÓN: Huaraz - Peru

**ENSAYO DE GRANULOMETRIA DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO**

NTP 400.012 AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global.

**AGREGADO GRUESO**

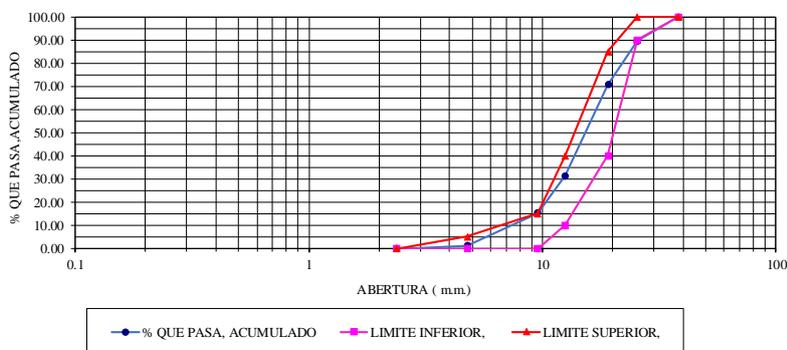
| TAMIZ  | ABERT.(MM) | Peso retenido |        | %ret.Acumu |        | %Que pasa |     |
|--------|------------|---------------|--------|------------|--------|-----------|-----|
|        |            | (gr.)         | (%)    | (%)        | (%)    | (%)       | (%) |
| 3"     | 76.20      | 0.00          | 0.00   | 0.00       | 100.00 |           |     |
| 2 1/2" | 63.00      | 0.00          | 0.00   | 0.00       | 100.00 |           |     |
| 2"     | 50.80      | 0.00          | 0.00   | 0.00       | 100.00 |           |     |
| 1 1/2" | 38.10      | 0.00          | 0.00   | 0.00       | 100.00 |           |     |
| 1"     | 25.40      | 593.00        | 10.54  | 10.54      | 89.46  |           |     |
| 3/4"   | 19.10      | 1,061.00      | 18.85  | 29.39      | 70.61  |           |     |
| 1/2"   | 12.50      | 2,211.00      | 39.28  | 68.67      | 31.33  |           |     |
| 3/8"   | 9.52       | 902.00        | 16.03  | 84.69      | 15.31  |           |     |
| N°4    | 4.76       | 787.00        | 13.98  | 98.68      | 1.32   |           |     |
| N°8    | 2.36       | 74.50         | 1.32   | 100.00     | 0.00   |           |     |
| N°16   | 1.18       | 0.00          | 0.00   | 100.00     | 0.00   |           |     |
| N°30   | 0.60       | 0.00          | 0.00   | 100.00     | 0.00   |           |     |
| N°50   | 0.30       | 0.00          | 0.00   | 100.00     | 0.00   |           |     |
| N°100  | 0.15       | 0.00          | 0.00   | 100.00     | 0.00   |           |     |
| N°200  | 0.05       | 0.00          | 0.00   | 100.00     | 0.00   |           |     |
| FONDO  |            | 0.00          | 0.00   | 100.00     | 0.00   |           |     |
|        |            | 5,628.50      | 100.00 |            |        |           |     |

|                        |        |
|------------------------|--------|
| TAMAÑO MAXIMO:         | 1 1/2" |
| TAMAÑO MAXIMO NOMINAL: | 1"     |
| HUSO GRANULOMETRICO    | 56     |

**CURVA GRANULOMETRICA:**

| TAMIZ  | ABERTURA (m.m.) | % QUE PASA, ACUMULADO |                  |                  |
|--------|-----------------|-----------------------|------------------|------------------|
|        |                 | % QUE PASA, ACUMULADO | LIMITE INFERIOR, | LIMITE SUPERIOR, |
| 3"     | 76.2            |                       |                  |                  |
| 2 1/2" | 63              |                       |                  |                  |
| 2      | 50.80           |                       |                  |                  |
| 1 1/2" | 38.10           | 100.00                | 100.00           | 100.00           |
| 1"     | 25.40           | 89.46                 | 90.00            | 100.00           |
| 3/4"   | 19.10           | 70.61                 | 40.00            | 85.00            |
| 1/2"   | 12.50           | 31.33                 | 10.00            | 40.00            |
| 3/8"   | 9.52            | 15.31                 | 0.00             | 15.00            |
| N° 4   | 4.76            | 1.32                  | 0.00             | 5.00             |
| N° 8   | 2.36            | 0.00                  | 0.00             | 0.00             |
| N° 16  | 1.18            |                       |                  |                  |
| N° 30  | 0.60            |                       |                  |                  |
| N° 50  | 0.30            |                       |                  |                  |
| N° 100 | 0.15            |                       |                  |                  |

CURVAS GRANULOMETRICAS DEL AGREGADO GRUESO SEGUN NTP 400.037



**OBSERVACION/COMENTARIO:**

El agregado reciclado obtenido por el investigador Meléndez, se observa que la curva granulométrica generada según el material tamizado si está dentro de los límites establecido por el Huso Granulométrico

### Anexo 3. Fichas Técnicas de Contenido de Humedad

| <b>FICHA TECNICA N°02: PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>   |   |        |  |
|--|---|--------|--|
| MUESTRA:   | 01  |        |  |
| TITULO DE INVESTIGACION:   | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> ) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |        |  |
| AUTOR:   | Marco Hugo Alva Rosas   |        |  |
| UNIVERSIDAD:   | Universidad San Pedro   |        |  |
| MATERIAL:  | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)  |        |  |
| PROCEDENCIA:   | Residuos de Concreto Estructural  |        |  |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:   | 50%   |        |  |
| DISEÑO DE CONCRETO:  | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |        |  |
| UBICACIÓN:   | Chimbote - Peru   |        |  |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>  |   |        |  |
| NTP 339.185 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado |   |        |  |
| Temperatura de Secado:   | Por medio:  | Horno: | <input checked="" type="checkbox"/> Microondas: <input type="checkbox"/> |
| <b>HUMEDAD (AGREGADO GRUESO RECICLADO)</b>   |   |        |  |
| ENSAYO N°  | 01  | 02     | OBSERVACION/COMENTARIO:  |
| TARA + SUELO HUMEDO (gr)   | 1289  | 1168   |  |
| TARA+SUELO SECO (gr)   | 1263  | 1145   |  |
| PESO DEL AGUA (gr)   | 26  | 23     |  |
| PESO DE LA TARA (gr)   | 69  | 67     |  |
| PESO DEL SUELO SECO (gr)   | 1194  | 1078   |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)   | 2.18  | 2.13   |  |
| PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)  | 2.16  |        |  |

| <b>FICHA TECNICA N°02: PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>   |   |        |  |
|--|---|--------|--|
| MUESTRA:   | 01  |        |  |
| TITULO DE INVESTIGACION:   | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> ) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |        |  |
| AUTOR:   | Marco Hugo Alva Rosas   |        |  |
| UNIVERSIDAD:   | Universidad San Pedro   |        |  |
| MATERIAL:  | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)  |        |  |
| PROCEDENCIA:   | Residuos de Concreto Estructural  |        |  |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:   | 50%   |        |  |
| DISEÑO DE CONCRETO:  | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |        |  |
| UBICACIÓN:   | Chimbote - Peru   |        |  |
| <b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>  |   |        |  |
| NTP 339.185 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado |   |        |  |
| Temperatura de Secado:   | Por medio:  | Horno: | <input checked="" type="checkbox"/> Microondas: <input type="checkbox"/> |
| <b>HUMEDAD (AGREGADO GRUESO)</b>   |   |        |  |
| ENSAYO N°  | 01  | 02     | OBSERVACION/COMENTARIO:  |
| TARA + SUELO HUMEDO (gr)   | 1159  | 1098   |  |
| TARA+SUELO SECO (gr)   | 1158  | 1096   |  |
| PESO DEL AGUA (gr)   | 1   | 2      |  |
| PESO DE LA TARA (gr)   | 69  | 67     |  |
| PESO DEL SUELO SECO (gr)   | 1089  | 1029   |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)   | 0.09  | 0.19   |  |
| PROMEDIO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)  | 0.14  |        |  |

## Anexo 4. Fichas Técnicas de Peso Unitario

| FICHA TECNICA N°03: PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO                        |   |         |         |                            |         |         |         |
|--|---|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
| MUESTRA:   | 01  |         |         |                            |         |         |         |
| TITULO DE INVESTIGACION:   | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> ) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |         |         |                            |         |         |         |
| AUTOR:   | Marco Hugo Alva Rosas   |         |         |                            |         |         |         |
| UNIVERSIDAD:   | Universidad San Pedro   |         |         |                            |         |         |         |
| MATERIAL:  | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)  |         |         |                            |         |         |         |
| PROCEDENCIA:   | Residuos de Concreto Estructural  |         |         |                            |         |         |         |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:   | 0.5   |         |         |                            |         |         |         |
| DISEÑO DE CONCRETO:  | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |         |         |                            |         |         |         |
| UBICACIÓN:   | Chimbote - Peru   |         |         |                            |         |         |         |
| ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO  |   |         |         |                            |         |         |         |
| <i>NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado</i> |   |         |         |                            |         |         |         |
| AGREGADO GRUESO RECICLADO  |   |         |         |                            |         |         |         |
| PESO UNITARIO SUELTO   |   |         |         | PESO UNITARIO COMPACTADO   |         |         |         |
| ENSAYO N°  | 01  | 02      | 03      | ENSAYO N°                  | 01      | 02      | 03      |
| PESO DE MOLDE + MUESTRA  | 16700   | 16800   | 16850   | PESO DE MOLDE + MUESTRA    | 17750   | 18150   | 18450   |
| PESO DE MOLDE  | 5120  | 5120    | 5120    | PESO DE MOLDE              | 5120    | 5120    | 5120    |
| PESO DE MUESTRA  | 11580   | 11680   | 11730   | PESO DE MUESTRA            | 12630   | 13030   | 13330   |
| VOLUMEN DE MOLDE   | 9354  | 9354    | 9354    | VOLUMEN DE MOLDE           | 9354    | 9354    | 9354    |
| PESO UNITARIO (KG/M3)  | 1237.97   | 1248.66 | 1254.01 | PESO UNITARIO (KG/M3)      | 1350.22 | 1392.99 | 1425.06 |
| PESO UNITARIO PROM (KG/M3)   | 1247  |         |         | PESO UNITARIO PROM (KG/M3) | 1389    |         |         |
| OBSERVACION:   |   |         |         |                            |         |         |         |

| FICHA TECNICA N°03: PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO                        |   |         |         |                            |         |         |         |
|--|---|---------|---------|----------------------------|---------|---------|---------|
| MUESTRA:   | 01  |         |         |                            |         |         |         |
| TITULO DE INVESTIGACION:   | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> ) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |         |         |                            |         |         |         |
| AUTOR:   | Marco Hugo Alva Rosas   |         |         |                            |         |         |         |
| UNIVERSIDAD:   | Universidad San Pedro   |         |         |                            |         |         |         |
| MATERIAL:  | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)  |         |         |                            |         |         |         |
| PROCEDENCIA:   | Residuos de Concreto Estructural  |         |         |                            |         |         |         |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:   | 0.5   |         |         |                            |         |         |         |
| DISEÑO DE CONCRETO:  | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |         |         |                            |         |         |         |
| UBICACIÓN:   | Chimbote - Peru   |         |         |                            |         |         |         |
| ENSAYO DE PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO  |   |         |         |                            |         |         |         |
| <i>NTP 400.017 AGREGADOS. Método de ensayo para determinar el peso unitario del agregado</i> |   |         |         |                            |         |         |         |
| AGREGADO GRUESO  |   |         |         |                            |         |         |         |
| PESO UNITARIO SUELTO   |   |         |         | PESO UNITARIO COMPACTADO   |         |         |         |
| ENSAYO N°  | 01  | 02      | 03      | ENSAYO N°                  | 01      | 02      | 03      |
| PESO DE MOLDE + MUESTRA  | 18500   | 18550   | 18500   | PESO DE MOLDE + MUESTRA    | 20100   | 19900   | 19900   |
| PESO DE MOLDE  | 5120  | 5120    | 5120    | PESO DE MOLDE              | 5120    | 5120    | 5120    |
| PESO DE MUESTRA  | 13380   | 13430   | 13380   | PESO DE MUESTRA            | 14980   | 14780   | 14780   |
| VOLUMEN DE MOLDE   | 9354  | 9354    | 9354    | VOLUMEN DE MOLDE           | 9354    | 9354    | 9354    |
| PESO UNITARIO (KG/M3)  | 1430.40   | 1435.75 | 1430.40 | PESO UNITARIO (KG/M3)      | 1601.45 | 1580.07 | 1580.07 |
| PESO UNITARIO PROM (KG/M3)   | 1432  |         |         | PESO UNITARIO PROM (KG/M3) | 1587    |         |         |
| OBSERVACION:   |   |         |         |                            |         |         |         |

Anexo 5. Fichas Técnicas de Peso Específico y Absorción

| <b>FICHA TECNICA N°04: PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>                                    |   |          |        |                                  |
|---|---|----------|--------|----------------------------------|
| MUESTRA:  | 01  |          |        |                                  |
| TITULO DE INVESTIGACION:  | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> ) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |          |        |                                  |
| AUTOR:  | Marco Hugo Alva Rosas   |          |        |                                  |
| UNIVERSIDAD:  | Universidad San Pedro   |          |        |                                  |
| MATERIAL:   | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)  |          |        |                                  |
| PROCEDENCIA:  | Residuos de Concreto Estructural  |          |        |                                  |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGI   | 50%   |          |        |                                  |
| DISEÑO DE CONCRETO:   | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |          |        |                                  |
| UBICACIÓN:  | Chimbote - Peru   |          |        |                                  |
| <b>ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION EN AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>                                   |   |          |        |                                  |
| <i>NTP 400.021 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso</i> |   |          |        |                                  |
| <b>AGREGADO GRUESO</b>  |   |          |        |                                  |
| ENSAYO N°   |   | 01       | 02     | 03                               |
| PESO DE MAT. SAT. SUP. SECO(AIRE)   | A   | 1,048.20 | 995.80 |                                  |
| PESO DE MAT. SAT. SUP. SECO(AGUA)   | B   | 640.20   | 625.90 |                                  |
| VOL. DE MASA+VOL. DE VACIOS (A-B)   | C   | 408.00   | 369.90 |                                  |
| PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA   | D   | 991.40   | 965.40 |                                  |
| VOL. DE MASA (C-(A-D))  | E   | 351.20   | 339.50 |                                  |
| ABSORCION: $100 \times (A-D)/D$   |   | 5.73     | 3.15   | <b>PROMEDIO</b><br><b>4.44</b> % |
| P.e Bulk (base seca)  | (D/C)   | 2.43     | 2.61   | <b>2.52</b>                      |
| P.e Bulk (base saturada)  | (A/C)   | 2.57     | 2.69   | <b>2.63</b>                      |
| P.e Aparente (base seca)  | (D/E)   | 2.82     | 2.84   | <b>2.83</b>                      |
| OBSERVACION/COMENTARIO:   |   |          |        |                                  |
|   |   |          |        |                                  |

| <b>FICHA TECNICA N°04: PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>                                    |   |        |        |                                  |
|---|---|--------|--------|----------------------------------|
| MUESTRA:  | 01  |        |        |                                  |
| TITULO DE INVESTIGACION:  | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> ) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |        |        |                                  |
| AUTOR:  | Marco Hugo Alva Rosas   |        |        |                                  |
| UNIVERSIDAD:  | Universidad San Pedro   |        |        |                                  |
| MATERIAL:   | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)  |        |        |                                  |
| PROCEDENCIA:  | Residuos de Concreto Estructural  |        |        |                                  |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGI   | 50%   |        |        |                                  |
| DISEÑO DE CONCRETO:   | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |        |        |                                  |
| UBICACIÓN:  | Chimbote - Peru   |        |        |                                  |
| <b>ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION EN AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>                                   |   |        |        |                                  |
| <i>NTP 400.021 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso</i> |   |        |        |                                  |
| <b>AGREGADO GRUESO RECICLADO IMPERMEABILIZADO</b>   |   |        |        |                                  |
| ENSAYO N°   |   | 01     | 02     | 03                               |
| PESO DE MAT. SAT. SUP. SECO(AIRE)   | A   | 885.10 | 812.10 |                                  |
| PESO DE MAT. SAT. SUP. SECO(AGUA)   | B   | 542.50 | 499.00 |                                  |
| VOL. DE MASA+VOL. DE VACIOS (A-B)   | C   | 342.60 | 313.10 |                                  |
| PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA   | D   | 855.20 | 789.00 |                                  |
| VOL.. DE MASA (C-(A-D))   | E   | 312.70 | 290.00 |                                  |
| ABSORCION: $100 \times (A-D)/D$   |   | 3.50   | 2.93   | <b>PROMEDIO</b><br><b>3.21</b> % |
| P.e Bulk (base seca)  | (D/C)   | 2.50   | 2.52   | <b>2.51</b>                      |
| P.e Bulk (base saturada)  | (A/C)   | 2.58   | 2.59   | <b>2.59</b>                      |
| P.e Aparente (base seca)  | (D/E)   | 2.73   | 2.72   | <b>2.73</b>                      |
| OBSERVACION/COMENTARIO:   |   |        |        |                                  |

| <b>FICHA TECNICA N°04: PROPIEDADES FISICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>                                    |   |        |        |                                  |
|---|---|--------|--------|----------------------------------|
| MUESTRA:  | 01  |        |        |                                  |
| TITULO DE INVESTIGACION:  | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> ) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |        |        |                                  |
| AUTOR:  | Marco Hugo Alva Rosas   |        |        |                                  |
| UNIVERSIDAD:  | Universidad San Pedro   |        |        |                                  |
| MATERIAL:   | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)  |        |        |                                  |
| PROCEDENCIA:  | Residuos de Concreto Estructural  |        |        |                                  |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGI   | 50%   |        |        |                                  |
| DISEÑO DE CONCRETO:   | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |        |        |                                  |
| UBICACIÓN:  | Chimbote - Peru   |        |        |                                  |
| <b>ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION EN AGREGADO GRUESO</b>   |   |        |        |                                  |
| <i>NTP 400.021 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso</i> |   |        |        |                                  |
| <b>AGREGADO GRUESO</b>  |   |        |        |                                  |
| ENSAYO N°   |   | 01     | 02     | 03                               |
| PESO DE MAT. SAT. SUP. SECO(AIRE)   | A   | 916.70 | 878.80 |                                  |
| PESO DE MAT. SAT. SUP. SECO(AGUA)   | B   | 598.40 | 574.60 |                                  |
| VOL. DE MASA+VOL. DE VACIOS (A-B)   | C   | 318.30 | 304.20 |                                  |
| PESO DE MAT. SECO EN ESTUFA   | D   | 914.80 | 876.90 |                                  |
| VOL. DE MASA (C-(A-D))  | E   | 316.40 | 302.30 |                                  |
| ABSORCION: $100 \times (A-D)/D$   |   | 0.21   | 0.22   | <b>PROMEDIO</b><br><b>0.21</b> % |
| P.e Bulk (base seca)  | (D/C)   | 2.87   | 2.88   | <b>2.88</b>                      |
| P.e Bulk (base saturada)  | (A/C)   | 2.88   | 2.89   | <b>2.88</b>                      |
| P.e Aparente (base seca)  | (D/E)   | 2.89   | 2.90   | <b>2.90</b>                      |
| OBSERVACION/COMENTARIO:   |   |        |        |                                  |

## Anexo 6. Fichas Técnicas de Ensayo a la Abrasión

| <b>FICHA TECNICA N°05: PROPIEDADES MECANICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>  |   |            |
|---|---|------------|
| MUESTRA:  | 01  |            |
| TITULO DE INVESTIGACION:  | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> ) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |            |
| AUTOR:  | Marco Hugo Alva Rosas   |            |
| UNIVERSIDAD:  | Universidad San Pedro   |            |
| MATERIAL:   | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)  |            |
| PROCEDENCIA:  | Residuos de Concreto Estructural  |            |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:  | 50%   |            |
| DISEÑO DE CONCRETO:   | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |            |
| UBICACIÓN:  | Chimbote - Peru   |            |
| <b>ENSAYO A LA ABRASION DEL AGREGADO GRUESO</b>   |   |            |
| <i>NTP 400.019 AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la máquina de Los Angeles</i> |   |            |
| <b>AGREGADO GRUESO</b>  |   |            |
| MUESTRA N°  | 01  |            |
| GRADACION   | A   |            |
| PESO MUESTRA  | 5000  |            |
| RETENIDO N°12   | 3915  |            |
| PASA N° 12  | 345   |            |
| % DESGASTE  | 6.90%   |            |
| <b>MARCAR (X)</b>   |   |            |
| Según NTP 400.037, el % de desgaste $\leq$ 50%  |   |            |
| BUENO   | 0%  | 30%        |
| REGULAR   | 30%   | 40%        |
| MALO  | 40%   | $\geq$ 50% |
| OBSERVACION/COMENTARIO:   |   |            |
| El porcentaje de Degaste esta dentro de los Limites según Norma   |   |            |

| <b>FICHA TECNICA N°05: PROPIEDADES MECANICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>  |   |            |
|---|---|------------|
| MUESTRA:  | 01  |            |
| TITULO DE INVESTIGACION:  | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> ) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |            |
| AUTOR:  | Marco Hugo Alva Rosas   |            |
| UNIVERSIDAD:  | Universidad San Pedro   |            |
| MATERIAL:   | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)  |            |
| PROCEDENCIA:  | Residuos de Concreto Estructural  |            |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:  | 50%   |            |
| DISEÑO DE CONCRETO:   | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |            |
| UBICACIÓN:  | Chimbote - Peru   |            |
| <b>ENSAYO A LA ABRASION DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>   |   |            |
| <i>NTP 400.019 AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la máquina de Los Angeles</i> |   |            |
| <b>AGREGADO GRUESO</b>  |   |            |
| MUESTRA N°  | 01  |            |
| GRADACION   | A   |            |
| PESO MUESTRA  | 5000  |            |
| RETENIDO N°12   | 3915  |            |
| PASA N° 12  | 1085  |            |
| % DESGASTE  | 21.70%  |            |
| <b>MARCAR (X)</b>   |   |            |
| Según NTP 400.037, el % de desgaste $\leq$ 50%  |   |            |
| BUENO   | 0%  | 30%        |
| REGULAR   | 30%   | 40%        |
| MALO  | 40%   | $\geq$ 50% |
| OBSERVACION/COMENTARIO:   |   |            |
| El porcentaje de Degaste esta dentro de los Limites según Norma   |   |            |

| <b>FICHA TECNICA N°05: PROPIEDADES MECANICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>   |  |        |        |
|--|--|--------|--------|
| MUESTRA:   | 05   |        |        |
| TITULO DE INVESTIGACION:   | "Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional" |        |        |
| AUTOR:   | Hervin Abdías Cubas Resurrección & Josias Cabrera Herrera  |        |        |
| UNIVERSIDAD:   | Universidad Peruana Union  |        |        |
| MATERIAL:  | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado   |        |        |
| PROCEDENCIA:   | Probetas de concreto   |        |        |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:   | 10% , 20% , 30% , 40%  |        |        |
| DISEÑO DE CONCRETO:  | f'c=175 kg/cm2   |        |        |
| UBICACIÓN:   | Lima - Peru  |        |        |
| <b>ENSAYO A LA ABRASION DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>  |  |        |        |
| NTP 400.019 AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la máquina de Los Angeles |  |        |        |
| <b>AGREGADO GRUESO</b>   |  |        |        |
| MUESTRA N°   | 01   | 02     | 03     |
| GRADACION  | B  | B      | B      |
| PESO MUESTRA   | 5013   | 5011   | 5009   |
| RETENIDO N°12  | 3445   | 3443   | 3414   |
| PASA N° 12   | 1568   | 1568   | 1595   |
| % DESGASTE   | 31.28%   | 31.29% | 31.84% |
| PROMEDIO % DESGASTE  | 31.47%   |        |        |
| <b>MARCAR (X)</b>  |  |        |        |
| Según NTP 400.037, el % de desgaste ≤ 50%  |  |        |        |
| BUENO  | 0%   | 30%    |        |
| REGULAR  | 30%  | 40%    |        |
| MALO   | 40%  | ≥ 50%  |        |
| OBSERVACION/COMENTARIO:  |  |        |        |
| El porcentaje de Degaste esta dentro de los Limites según Norma  |  |        |        |

| <b>FICHA TECNICA N°05: PROPIEDADES MECANICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>   |   |       |  |
|--|---|-------|--|
| MUESTRA:   | 06  |       |  |
| TITULO DE INVESTIGACION:   | "Dosificación para la Elaboración de Concreto f'c=175 kg/cm2 Usando los Residuos de Demoliciones de Concreto Estructural como agregado Grueso, Nuevo Chimbote - 2019" |       |  |
| AUTOR:   | Luis Alberto Nuñuvero Luna  |       |  |
| UNIVERSIDAD:   | Universidad Cesar Vallejo   |       |  |
| MATERIAL:  | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado  |       |  |
| PROCEDENCIA:   | Residuos de Concreto Estructural  |       |  |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:   | 100%  |       |  |
| DISEÑO DE CONCRETO:  | f'c=175 kg/cm2  |       |  |
| UBICACIÓN:   | Chimbote - Peru   |       |  |
| <b>ENSAYO A LA ABRASION DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>  |   |       |  |
| NTP 400.019 AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la máquina de Los Angeles |   |       |  |
| <b>AGREGADO GRUESO</b>   |   |       |  |
| MUESTRA N°   | 01  |       |  |
| GRADACION  | G   |       |  |
| PESO MUESTRA   | 10000   |       |  |
| RETENIDO N°12  | 7282  |       |  |
| PASA N° 12   | 2718  |       |  |
| % DESGASTE   | 27.18%  |       |  |
| <b>MARCAR (X)</b>  |   |       |  |
| Según NTP 400.037, el % de desgaste ≤ 50%  |   |       |  |
| BUENO  | 0%  | 30%   |  |
| REGULAR  | 30%   | 40%   |  |
| MALO   | 40%   | ≥ 50% |  |
| OBSERVACION/COMENTARIO:  |   |       |  |
| El porcentaje de Degaste esta dentro de los Limites según Norma  |   |       |  |

| <b>FICHA TECNICA N°05: PROPIEDADES MECANICAS DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>  |   |   |     |        |
|---|---|---|-----|--------|
| MUESTRA:  | 07  |   |     |        |
| TITULO DE INVESTIGACION:  | "Uso de pavimento rigido reciclado de la ciudad de Puno, como agregado grueso para la produccion de concreto" |   |     |        |
| AUTOR:  | Erick Christian Ruelas Paredes  |   |     |        |
| UNIVERSIDAD:  | Universidad Nacional del Altiplano  |   |     |        |
| MATERIAL:   | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado  |   |     |        |
| PROCEDENCIA:  | Pavimento Rigido  |   |     |        |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:  | 20%, 40% y 60%  |   |     |        |
| DISEÑO DE CONCRETO:   | f'c=175 kg/cm2  |   |     |        |
| UBICACIÓN:  | Puno - Peru   |   |     |        |
| <b>ENSAYO A LA ABRASION DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>   |   |   |     |        |
| <i>NTP 400.019 AGREGADOS. Determinación de la resistencia al desgaste en agregados gruesos de tamaño pequeño por medio de la máquina de Los Ángeles</i> |   |   |     |        |
| <b>AGREGADO GRUESO</b>  |   | <b>MARCAR (X)</b>                         |     |        |
| MUESTRA N°  | 2   | Según NTP 400.037, el % de desgaste ≤ 50% |     |        |
| GRADACION   | A   | BUENO                                     | 0%  | 30%    |
| PESO MUESTRA  | 5000  | REGULAR                                   | 30% | 40%    |
| RETENIDO N°12   | 3412.76   | MALO                                      | 40% | >= 50% |
| PASA N° 12  | 1587.2  |   |     |        |
| % DESGASTE  | 31.74%  |   |     |        |
| <b>OBSERVACION/COMENTARIO:</b>  |   |   |     |        |
| El porcentaje de Degaste esta dentro de los Limites según Norma   |   |   |     |        |

## Anexo 6. Fichas Técnicas del Diseño de Mezcla

| <b>FICHA TECNICA N°06: DISEÑO DE MEZCLA</b>   |   |                                   |
|---|---|-----------------------------------|
| MUESTRA:  |   | 01                                |
| TITULO DE INVESTIGACION:  | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> ) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado |                                   |
| AUTOR:  | Marco Hugo Alva Rosas   |                                   |
| UNIVERSIDAD:  | Universidad San Pedro   |                                   |
| MATERIAL:   | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)  |                                   |
| PROCEDENCIA:  | Residuos de Concreto Estructural  |                                   |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:  | 50%   |                                   |
| DISEÑO DE CONCRETO:   | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |                                   |
| UBICACIÓN:  | Chimbote - Peru   |                                   |
| <b>METODO ACI</b>   |   |                                   |
| <b>ESPECIFICACIONES:</b>  |   |                                   |
| <b>MATERIALES:</b>  |   |                                   |
| CEMENTO   |   | I                                 |
| TIPO:   |   | 3.1                               |
| PESO ESPECIFICO:  |   | gr/cm <sup>3</sup>                |
| AGUA  |   |                                   |
| TIPO:   |   |                                   |
| AGREGADO FINO   |   | CANTERA : VESIQUE                 |
| PROCEDENCIA:  |   | 2.72                              |
| PESO ESPECIFICO:  |   | 1676 kg/m <sup>3</sup>            |
| PESO UNITARIO SUELTO  |   | 1848 kg/m <sup>3</sup>            |
| PESO UNITARIO COMPACTADO:   |   | 0.53 %                            |
| CONTENIDO DE HUMEDAD:   |   | 0.33 %                            |
| ABSORCION:  |   | 2.62                              |
| MODULO DE FINEZA:   |   |                                   |
| AGREGADO GRUESO NATURAL   |   | CANTERA : MEDINA                  |
| PROCEDENCIA:  |   | 1"                                |
| TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:  |   | 2.86                              |
| PESO ESPECIFICO:  |   | 1430 kg/m <sup>3</sup>            |
| PESO UNITARIO SUELTO  |   | 1585 kg/m <sup>3</sup>            |
| PESO UNITARIO COMPACTADO  |   | 0.14 %                            |
| CONTENIDO DE HUMEDAD:   |   | 0.21 %                            |
| ABSORCION:  |   |                                   |
| <b>DETERMINAR LA RESISTENCIA DE DISEÑO:</b>   | 175 +70   | 245 Kg/cm <sup>2</sup>            |
| <b>SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO:</b>   | 3 - 4 pulg.   |                                   |
| <b>VOLUMEN UNITARIO DE AGUA:</b>  | 193.00  | L/m <sup>3</sup>                  |
| <b>CONTENIDO DE AIRE:</b>   | 1.5%  |                                   |
| <b>RELACION AGUA - CEMENTO:</b>   | 0.75  |                                   |
| <b>FACTOR CEMENTO:</b>  | 257.33  | kg/m <sup>3</sup>                 |
| <b>CANTIDAD DE BOLSAS DE CEMENTO:</b>   | 6.05  | bls                               |
| <b>RELACION DE AGREGADOS GRUESO POR 1 M3 DE CONCRETO:</b>                                   | 0.69  |                                   |
| <b>CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO:</b>   | 1090.48   | kg/m <sup>3</sup>                 |
| <b>CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS:</b>  |   |                                   |
| Cemento:  | 0.083   | m <sup>3</sup>                    |
| Agua:   | 0.193   | m <sup>3</sup>                    |
| Aire Atrapado:  | 0.015   | m <sup>3</sup>                    |
| A.Gruoso:   | 0.381   | m <sup>3</sup>                    |
|   | 0.67  | m <sup>3</sup>                    |
| <b>VOLUMEN DEL AGREGADO FINO:</b>   | 0.328   |                                   |
| <b>PESO DEL AGREGADO FINO:</b>  | 890.695   | kg/m <sup>3</sup>                 |
| <b>DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO SECO:</b>   |   |                                   |
| Cemento:  | 257.33  | kg/m <sup>3</sup>                 |
| Agua:   | 193.00  | L/m <sup>3</sup>                  |
| A. Fino:  | 890.70  | kg/m <sup>3</sup>                 |
| A. Grueso:  | 1090.48   | kg/m <sup>3</sup>                 |
| <b>CORRECCION POR HUMEDAD:</b>  |   |                                   |
| <b>PESO DEL AGREGADO FINO:</b>  | 899.05  | kg/m <sup>3</sup>                 |
| <b>PESO DEL AGREGADO GRUESO:</b>  | 1095.17   | kg/m <sup>3</sup>                 |
| <b>APORTE DE AGUA A LA MEZCLA</b>   |   |                                   |
| <b>PESO DEL AGREGADO FINO:</b>  | 1.78  | kg/m <sup>3</sup>                 |
| <b>PESO DEL AGREGADO GRUESO:</b>  | -0.76   | kg/m <sup>3</sup>                 |
| <b>AGUA EFECTIVA:</b>   | 191.98  | L/m <sup>3</sup>                  |
| <b>VALORES DE DISEÑO</b>  |   |                                   |
| Cemento:  | 257.33  | kg/m <sup>3</sup>                 |
| Agua:   | 191.98  | L/m <sup>3</sup>                  |
| A. Fino:  | 899.05  | kg/m <sup>3</sup>                 |
| A.G.Reclat:   | 1095.17   | kg/m <sup>3</sup>                 |
| <b>PROPORCIONES EN PESO:</b>  |   |                                   |
| Cemento:  | $\frac{257.33}{257.33} =$   | 1                                 |
| A. Fino:  | $\frac{899.05}{257.33} =$   | 3.49                              |
| A. G. (Combinado):  | $\frac{1,095.17}{257.33} =$   | 4.26                              |
| Agua:   | $\frac{191.98}{6.05} =$   | 31.71                             |
|   |   | <b>1 : 3.49 : 4.26 31.71 l/kg</b> |
| <b>Diseño de mezcla por probeta</b>   |   |                                   |
| Volumen de probeta:   | 0.00556   | m <sup>3</sup>                    |
| Cemento:  | 1.43  | kg                                |
| Agregado Fino:  | 5.00  | kg                                |
| Agregado Grueso:  | 6.09  | kg                                |
| Agua:   | 1.07  | lt                                |
| <b>DISEÑO DE MEZCLA POR PROBETA CON % AGREGADO GRUESO RECICLADO + (10% por desperdicio)</b> |   |                                   |
| MATERIALES  | 0%  | 50%                               |
| Cemento:  | 1.57  | 1.57                              |
| Agregado Fino:  | 5.50  | 5.50                              |
| Agregado Grueso:  | 6.70  | 3.35                              |
| Agregado Grueso Reciclado:  | 0   | 3.35                              |
| Agua:   | 1.17  | 1.17                              |
| <b>OBSERVACION/COMENTARIO:</b>  |   |                                   |

| <b>FICHA TECNICA N°06: DISEÑO DE MEZCLA</b>   |  |      |      |      |      |
|---|--|------|------|------|------|
| MUESTRA:  | 05   |      |      |      |      |
| TITULO DE INVESTIGACION:  | "Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional" |      |      |      |      |
| AUTOR:  | Hervin Abdías Cubas Resurrección & Josias Cabrera Herrera  |      |      |      |      |
| UNIVERSIDAD:  | Universidad Peruana Union  |      |      |      |      |
| MATERIAL:   | Agregado Grueso Reciclado  |      |      |      |      |
| PROCEDENCIA:  | Probetas de concreto & Cascote de Ladrillo   |      |      |      |      |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:  | 10% , 20% , 30% , 40%  |      |      |      |      |
| DISEÑO DE CONCRETO:   | f'c=175 kg/cm2   |      |      |      |      |
| UBICACIÓN:  | Lima - Peru  |      |      |      |      |
| <b>METODO ACI</b>   |  |      |      |      |      |
| <b>ESPECIFICACIONES:</b>  |  |      |      |      |      |
| <b>MATERIALES:</b>  |  |      |      |      |      |
| CEMENTO   | I  |      |      |      |      |
| TIPO:   | I  |      |      |      |      |
| PESO ESPECIFICO:  | 3.15 gr/cm3  |      |      |      |      |
| AGUA  |  |      |      |      |      |
| TIPO:   |  |      |      |      |      |
| AGREGADO FINO   |  |      |      |      |      |
| PROCEDENCIA:  |  |      |      |      |      |
| PESO ESPECIFICO:  | 2.49   |      |      |      |      |
| PESO UNITARIO SUELTO  | 1158.16 kg/m3  |      |      |      |      |
| PESO UNITARIO COMPACTADO:   | 1359.71 kg/m3  |      |      |      |      |
| CONTENIDO DE HUMEDAD:   | 3.06 %   |      |      |      |      |
| ABSORCION:  | 3.24 %   |      |      |      |      |
| MODULO DE FINEZA:   | 3.09   |      |      |      |      |
| AGREGADO GRUESO NATURAL   |  |      |      |      |      |
| PROCEDENCIA:  |  |      |      |      |      |
| TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:  | 3/4"   |      |      |      |      |
| PESO ESPECIFICO:  | 2.68   |      |      |      |      |
| PESO UNITARIO SUELTO  | 1172.79 kg/m3  |      |      |      |      |
| PESO UNITARIO COMPACTADO  | 1280.63 kg/m3  |      |      |      |      |
| CONTENIDO DE HUMEDAD:   | 0.27 %   |      |      |      |      |
| ABSORCION:  | 0.9 %  |      |      |      |      |
| <b>DETERMINAR LA RESISTENCIA DE DISEÑO:</b>   | 175 +70 245 kg/cm2   |      |      |      |      |
| <b>SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO:</b>   | 3 - 4 pulg.  |      |      |      |      |
| <b>VOLUMEN UNITARIO DE AGUA:</b>  | 205 L/m3   |      |      |      |      |
| <b>CONTENIDO DE AIRE:</b>   | 2%   |      |      |      |      |
| <b>RELACION AGUA - CEMENTO:</b>   | 0.63   |      |      |      |      |
| <b>FACTOR CEMENTO:</b>  | 326.43 kg/m3   |      |      |      |      |
| <b>CANTIDAD DE BOLSAS DE CEMENTO:</b>   | 7.68 bls   |      |      |      |      |
| <b>RELACION DE AGREGADOS GRUESO POR 1 M3 DE CONCRETO:</b>                                   | 0.59   |      |      |      |      |
| <b>CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO:</b>   | 756.85 kg/m3   |      |      |      |      |
| <b>CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS:</b>  |  |      |      |      |      |
| Cemento:  | 0.104 m3   |      |      |      |      |
| Agua:   | 0.205 m3   |      |      |      |      |
| Aire Atrapado:  | 0.020 m3   |      |      |      |      |
| A.Grueso:   | 0.282 m3   |      |      |      |      |
|   | 0.61 m3  |      |      |      |      |
| <b>VOLUMEN DEL AGREGADO FINO:</b>   | 0.389  |      |      |      |      |
| <b>PESO DEL AGREGADO FINO:</b>  | 967.87 kg/m3   |      |      |      |      |
| <b>DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO SECO:</b>   |  |      |      |      |      |
| Cemento:  | 326.43 kg/m3   |      |      |      |      |
| Agua:   | 205 L/m3   |      |      |      |      |
| A. Fino   | 967.87 kg/m3   |      |      |      |      |
| A.G.Reciclado:  | 756.85 kg/m3   |      |      |      |      |
| <b>CORRECCION POR HUMEDAD:</b>  |  |      |      |      |      |
| <b>PESO DEL AGREGADO FINO:</b>  | 997.49 kg/m3   |      |      |      |      |
| <b>PESO DEL AGREGADO GRUESO:</b>  | 758.90 kg/m4   |      |      |      |      |
| <b>APORTE DE AGUA A LA MEZCLA</b>   |  |      |      |      |      |
| <b>PESO DEL AGREGADO FINO:</b>  | -1.80 kg/m3  |      |      |      |      |
| <b>PESO DEL AGREGADO GRUESO:</b>  | -4.78 kg/m4  |      |      |      |      |
| <b>AGUA EFECTIVA:</b>   | 211.57 L/m3  |      |      |      |      |
| <b>VALORES DE DISEÑO</b>  |  |      |      |      |      |
| Cemento:  | 326.43 kg/m3   |      |      |      |      |
| Agua:   | 211.57 L/m3  |      |      |      |      |
| A. Fino   | 997.57 kg/m3   |      |      |      |      |
| A.G.Reciclat  | 758.87 kg/m3   |      |      |      |      |
| <b>PROPORCIONES EN PESO:</b>  |  |      |      |      |      |
| Cemento:  | $\frac{326.43}{326.43} = 1$  |      |      |      |      |
| A.Fino:   | $\frac{997.57}{326.43} = 3.06$   |      |      |      |      |
| A.Grueso:   | $\frac{758.87}{326.43} = 2.32$   |      |      |      |      |
| Agua:   | $\frac{211.57}{7.68} = 27.54$  |      |      |      |      |
| <b>1 : 3.06 : 2.32 27.54 l/kg</b>   |  |      |      |      |      |
| <b>Diseño de mezcla por probeta</b>   |  |      |      |      |      |
| Volumen de probeta:   | 0.00556 m3   |      |      |      |      |
| Cemento:  | 1.81 kg  |      |      |      |      |
| Agregado Fino:  | 5.55 kg  |      |      |      |      |
| Agregado Grueso:  | 4.22 kg  |      |      |      |      |
| Agua:   | 1.18 lt  |      |      |      |      |
| <b>DISEÑO DE MEZCLA POR PROBETA CON % AGREGADO GRUESO RECICLADO + (10% por desperdicio)</b> |  |      |      |      |      |
| MATERIALES  | 0%   | 10%  | 20%  | 30%  | 40%  |
| Cemento:  | 2.00   | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| Agregado Fino:  | 6.10   | 6.10 | 6.10 | 6.10 | 6.10 |
| Agregado Grueso:  | 4.64   | 4.18 | 3.71 | 3.25 | 2.78 |
| Agregado Grueso Reciclado:  | 0  | 0.46 | 0.93 | 1.39 | 1.86 |
| Agua:   | 1.29   | 1.29 | 1.29 | 1.29 | 1.29 |
| <b>OBSERVACION/COMENTARIO:</b>  |  |      |      |      |      |

| <b>FICHA TECNICA N°06: DISEÑO DE MEZCLA</b>   |   |                |
|---|---|----------------|
| MUESTRA:  | 06  |                |
| TITULO DE INVESTIGACION:  | "Dosificación para la Elaboración de Concreto f'c=175 kg/cm2 Usando los Residuos de Demoliciones de Concreto Estructural como agregado Grueso, Nuevo Chimbote - 2019" |                |
| AUTOR:  | Luis Alberto Nuñuvero Luna  |                |
| UNIVERSIDAD:  | Universidad Cesar Vallejo   |                |
| MATERIAL:   | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado  |                |
| PROCEDENCIA:  | Residuos de Concreto Estructural  |                |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:  | 100%  |                |
| DISEÑO DE CONCRETO:   | f'c=175 kg/cm2  |                |
| UBICACIÓN:  | Chimbote - Peru   |                |
| <b>METODO ACI</b>   |   |                |
| <b>ESPECIFICACIONES:</b>  |   |                |
| <b>MATERIALES:</b>  |   |                |
| <b>CEMENTO</b>  |   |                |
| TIPO:   | I   |                |
| PESO ESPECIFICO:  | 3.11  | gr/cm3         |
| <b>AGUA</b>   |   |                |
| TIPO:   |   |                |
| <b>AGREGADO FINO</b>  |   |                |
| PROCEDENCIA:  |   |                |
| PESO ESPECIFICO:  | 2.71  |                |
| PESO UNITARIO SUELTO  | 1478 kg/m3  |                |
| CONTENIDO DE HUMEDAD:   | 0.56 %  |                |
| ABSORCION:  | 1.28 %  |                |
| MODULO DE FINEZA:   | 2.55  |                |
| <b>AGREGADO GRUESO RECICLADO</b>  |   |                |
| PROCEDENCIA:  |   |                |
| TAMAÑO MAXIMO NOMINAL:  | 1"  |                |
| PESO ESPECIFICO:  | 2.71  |                |
| PESO UNITARIO SUELTO  | 1204 kg/m3  |                |
| PESO UNITARIO COMPACTADO  | 1378 kg/m3  |                |
| CONTENIDO DE HUMEDAD:   | 3.17 %  |                |
| ABSORCION:  | 5.04 %  |                |
| <b>DETERMINAR LA RESISTENCIA DE DISEÑO:</b>   | 175 +70   | 245 Kg/cm2     |
| <b>SELECCIÓN DE ASENTAMIENTO:</b>   | 3 - 4 pulg.   |                |
| <b>VOLUMEN UNITARIO DE AGUA:</b>  | 193.00  | L/m3           |
| <b>CONTENIDO DE AIRE:</b>   | 1.5%  |                |
| <b>RELACION AGUA - CEMENTO:</b>   | 0.62  |                |
| <b>FACTOR CEMENTO:</b>  | 311.29  | kg/m3          |
| <b>CANTIDAD DE BOLSAS DE CEMENTO:</b>   | 7.32  | bls            |
| <b>RELACION DE AGREGADOS GRUESO POR 1 M3 DE COCNETO:</b>                                    |   |                |
| <b>CANTIDAD DE AGREGADO GRUESO:</b>   | 881.92  | kg/m3          |
| <b>CALCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS:</b>  |   |                |
| Cemento:  | 0.100 m3  |                |
| Agua:   | 0.193 m3  |                |
| Aire Atrapado:  | 0.015 m3  |                |
| A.Grueso:   | 0.325 m3  |                |
|   | 0.634 m3  |                |
| <b>VOLUMEN DEL AGREGADO FINO:</b>   | 0.366   |                |
| <b>PESO DEL AGREGADO FINO:</b>  | 993.147   | kg/m3          |
| <b>DISEÑO DE MEZCLA EN ESTADO SECO:</b>   |   |                |
| Cemento:  | 311.29 kg/m3  |                |
| Agua:   | 193.00 L/m3   |                |
| A. Fino   | 993.15 kg/m3  |                |
| A.G.Reciclado:  | 881.92 kg/m3  |                |
| <b>CORRECCION POR HUMEDAD:</b>  |   |                |
| PESO DEL AGREGADO FINO:   | 998.71 kg/m3  |                |
| PESO DEL AGREGADO GRUESO:   | 909.88 kg/m4  |                |
| <b>APORTE DE AGUA A LA MEZCLA</b>   |   |                |
| PESO DEL AGREGADO FINO:   | -7.15 kg/m3   |                |
| PESO DEL AGREGADO GRUESO:   | -16.49 kg/m4  |                |
| AGUA EFECTIVA:  | 216.64 L/m3   |                |
| <b>VALORES DE DISEÑO</b>  |   |                |
|   | Cemento:  | 311.29 kg/m3   |
|   | Agua:   | 216.64 L/m3    |
|   | A. Fino   | 998.71 kg/m3   |
|   | A.G.Reciclar  | 909.88 kg/m3   |
| <b>PROPORCIONES EN PESO:</b>  |   |                |
|   | Cemento:  | 311.29 = 1     |
|   | A.Fino:   | 998.71 = 3.21  |
|   | A.G.Reciclado:  | 909.88 = 2.92  |
|   | Agua:   | 216.64 = 29.57 |
|   | 7.32  |                |
| <b>1 : 3.21 : 2.92 29.57 l/kg</b>   |   |                |
| <b>Diseño de mezcla por probeta</b>   |   |                |
| Volumen de probeta:   | 0.00556 m3  |                |
| Cemento:  | 1.73 kg   |                |
| Agregado Fino:  | 5.55 kg   |                |
| Agregado Grueso:  | 5.06 kg   |                |
| Agua:   | 1.20 lt   |                |
| <b>DISEÑO DE MEZCLA POR PROBETA CON % AGREGADO GRUESO RECICLADO + (10% por desperdicio)</b> |   |                |
| MATERIALES  | 0%  | 100%           |
| Cemento:  | 1.90  | 1.90           |
| Agregado Fino:  | 6.11  | 6.11           |
| Agregado Grueso:  | 5.56  | 0.00           |
| Agregado Grueso Reciclado:  | 0   | 5.56           |
| Agua:   | 1.32  | 1.32           |
| <b>OBSERVACION/COMENTARIO:</b>  |   |                |

## Anexo 7. Fichas Técnicas del Ensayo a la Resistencia a la Compresión

| FICHA TECNICA N°07: ENSAYO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO   |  |            |            |                  |        |         |         |             |
|--|--|------------|------------|------------------|--------|---------|---------|-------------|
| MUESTRA:   | 01   |            |            |                  |        |         |         |             |
| TITULO DE INVESTIGACION:   | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm2) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |            |            |                  |        |         |         |             |
| AUTOR:   | Marco Hugo Alva Rosas  |            |            |                  |        |         |         |             |
| UNIVERSIDAD:   | Universidad San Pedro  |            |            |                  |        |         |         |             |
| MATERIAL:  | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)   |            |            |                  |        |         |         |             |
| PROCEDENCIA:   | Residuos de Concreto Estructural   |            |            |                  |        |         |         |             |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:   | 50%  |            |            |                  |        |         |         |             |
| DISEÑO DE CONCRETO:  | $f'c=175$ kg/cm2   |            |            |                  |        |         |         |             |
| UBICACIÓN:   | Chimbote - Peru  |            |            |                  |        |         |         |             |
| <i>NTP 339.034 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas</i> |  |            |            |                  |        |         |         |             |
| F'c=   | 175  | kg/cm2     |            |                  |        |         |         |             |
| SLUMP=   | 3.4  | plg        |            |                  |        |         |         |             |
| N°   | TESTIGO  | FECHA      |            | TIEMPO DE CURADO | FC     | FC/F'c  | FC Prom | FC Prom (%) |
|  | ELEMENTO   | MOLDEO     | ROTURA     | DIAS             | kg/cm2 | (%)     |         |             |
| 01   | Muestra 01 -PATRON - (0%AGR)   | 13/11/2018 | 20/11/2018 | 7                | 130.10 | 74.34%  | 128.94  | 73.68%      |
| 02   | Muestra 01 -PATRON - (0%AGR)   | 13/11/2018 | 20/11/2018 | 7                | 128.61 | 73.49%  |         |             |
| 03   | Muestra 01 -PATRON - (0%AGR)   | 13/11/2018 | 20/11/2018 | 7                | 128.11 | 73.21%  |         |             |
| 04   | Muestra 01 -PATRON - (0%AGR)   | 13/11/2018 | 27/11/2018 | 14               | 137.42 | 78.53%  | 145.62  | 83.21%      |
| 05   | Muestra 01 -PATRON - (0%AGR)   | 13/11/2018 | 27/11/2018 | 14               | 145.38 | 83.07%  |         |             |
| 06   | Muestra 01 -PATRON - (0%AGR)   | 13/11/2018 | 27/11/2018 | 14               | 154.06 | 88.03%  |         |             |
| 07   | Muestra 01 -PATRON - (0%AGR)   | 13/11/2018 | 11/12/2018 | 28               | 174.85 | 99.91%  | 175.84  | 100.48%     |
| 08   | Muestra 01 -PATRON - (0%AGR)   | 13/11/2018 | 11/12/2018 | 28               | 173.70 | 99.26%  |         |             |
| 09   | Muestra 01 -PATRON - (0%AGR)   | 13/11/2018 | 11/12/2018 | 28               | 178.97 | 102.27% |         |             |
| OBSERVACION - COMENTARIOS  |  |            |            |                  |        |         |         |             |

| FICHA TECNICA N°07: ENSAYO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO   |  |            |            |             |        |        |         |             |
|--|--|------------|------------|-------------|--------|--------|---------|-------------|
| MUESTRA:   | 01   |            |            |             |        |        |         |             |
| TITULO DE INVESTIGACION:   | "Resistencia a la compresión de un concreto no estructural ( $f'c=175$ kg/cm2) sustituyendo el 50% de agregado grueso natural por agregado reciclado impermeabilizado" |            |            |             |        |        |         |             |
| AUTOR:   | Marco Hugo Alva Rosas  |            |            |             |        |        |         |             |
| UNIVERSIDAD:   | Universidad San Pedro  |            |            |             |        |        |         |             |
| MATERIAL:  | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado (Imprmeabilizado)   |            |            |             |        |        |         |             |
| PROCEDENCIA:   | Residuos de Concreto Estructural   |            |            |             |        |        |         |             |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:   | 50%  |            |            |             |        |        |         |             |
| DISEÑO DE CONCRETO:  | $f'c=175$ kg/cm2   |            |            |             |        |        |         |             |
| UBICACIÓN:   | Chimbote - Peru  |            |            |             |        |        |         |             |
| <i>NTP 339.034 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas</i> |  |            |            |             |        |        |         |             |
| F'c=   | 175  | kg/cm2     |            |             |        |        |         |             |
| SLUMP=   | 3.4  | plg        |            |             |        |        |         |             |
| N°   | TESTIGO  | FECHA      |            | MPO DE CURA | FC     | FC/F'c | FC Prom | FC Prom (%) |
|  | ELEMENTO   | MOLDEO     | ROTURA     | DIAS        | kg/cm2 | (%)    |         |             |
| 01   | Muestra 01 -(50% AGR-I)  | 14/11/2018 | 21/11/2018 | 7           | 111.04 | 63.45% | 109.58  | 62.62%      |
| 02   | Muestra 01 -(50% AGR-I)  | 14/11/2018 | 21/11/2018 | 7           | 108.11 | 61.78% |         |             |
| 03   | Muestra 01 -(50% AGR-I)  | 14/11/2018 | 21/11/2018 | 7           | 109.60 | 62.63% |         |             |
| 04   | Muestra 01 -(50% AGR-I)  | 14/11/2018 | 28/11/2018 | 14          | 111.69 | 63.82% | 114.71  | 65.55%      |
| 05   | Muestra 01 -(50% AGR-I)  | 14/11/2018 | 28/11/2018 | 14          | 107.61 | 61.49% |         |             |
| 06   | Muestra 01 -(50% AGR-I)  | 14/11/2018 | 28/11/2018 | 14          | 124.82 | 71.33% |         |             |
| 07   | Muestra 01 -(50% AGR-I)  | 14/11/2018 | 12/12/2018 | 28          | 126.20 | 72.11% | 135.39  | 77.37%      |
| 08   | Muestra 01 -(50% AGR-I)  | 14/11/2018 | 12/12/2018 | 28          | 141.18 | 80.67% |         |             |
| 09   | Muestra 01 -(50% AGR-I)  | 14/11/2018 | 12/12/2018 | 28          | 138.79 | 79.31% |         |             |
| OBSERVACION - COMENTARIOS  |  |            |            |             |        |        |         |             |

**FICHA TECNICA N°07: ENSAYO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO**

MUESTRA: 05  
 "Influencia de la adición de agregado grueso reciclado en la resistencia a compresión de un concreto convencional"  
 TITULO DE INVESTIGACION:  
 AUTOR: Hervin Abdías Cubas Resurrección & Josias Cabrera Herrera  
 UNIVERSIDAD: Universidad Peruana Union  
 MATERIAL: Agregado Grueso Reciclado  
 PROCEDENCIA: Probetas de concreto & Cascote de Ladrillo  
 PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR: 10% , 20% , 30% , 40%  
 DISEÑO DE CONCRETO: f'c=175 kg/cm2  
 UBICACIÓN: Lima - Peru

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

F'c= 175 kg/cm2

|       |             |
|-------|-------------|
| % AGR | SLUMP (plg) |
| 10    | 3.90        |
| 20    | 3.00        |
| 30    | 3.10        |
| 40    | 3.20        |

| TESTIGO |                       | FECHA     |           | TIEMPO DE CURADO | FC     | FC/F'c | FC Prom | FC Prom (%) |
|---------|-----------------------|-----------|-----------|------------------|--------|--------|---------|-------------|
| N°      | ELEMENTO              | MOLDEO    | ROTURA    | DIAS             | kg/cm2 | (%)    |         |             |
| 01      | Muestra 02 -(10% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 136.39 | 77.94% | 135.92  | 77.67%      |
| 02      | Muestra 02 -(10% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 135.17 | 77.24% |         |             |
| 03      | Muestra 02 -(10% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 136.19 | 77.82% |         |             |
| 04      | Muestra 02 -(10% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 158.68 | 90.67% | 156.76  | 89.58%      |
| 05      | Muestra 02 -(10% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 153.56 | 87.75% |         |             |
| 06      | Muestra 02 -(10% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 158.04 | 90.31% |         |             |
| 07      | Muestra 02 -(10% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 166.85 | 95.34% | 169.03  | 96.59%      |
| 08      | Muestra 02 -(10% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 173.32 | 99.04% |         |             |
| 09      | Muestra 02 -(10% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 166.92 | 95.38% |         |             |
| 01      | Muestra 02 -(20% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 134.67 | 76.95% | 137.83  | 78.76%      |
| 02      | Muestra 02 -(20% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 136.94 | 78.25% |         |             |
| 03      | Muestra 02 -(20% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 141.89 | 81.08% |         |             |
| 04      | Muestra 02 -(20% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 154.38 | 88.22% | 156.03  | 89.16%      |
| 05      | Muestra 02 -(20% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 155.53 | 88.87% |         |             |
| 06      | Muestra 02 -(20% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 158.19 | 90.39% |         |             |
| 07      | Muestra 02 -(20% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 171.67 | 98.10% | 168.74  | 96.42%      |
| 08      | Muestra 02 -(20% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 167.65 | 95.80% |         |             |
| 09      | Muestra 02 -(20% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 166.91 | 95.38% |         |             |
| 01      | Muestra 02 -(30% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 130.82 | 74.75% | 133.56  | 76.32%      |
| 02      | Muestra 02 -(30% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 134.16 | 76.66% |         |             |
| 03      | Muestra 02 -(30% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 135.70 | 77.54% |         |             |
| 04      | Muestra 02 -(30% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 160.13 | 91.50% | 159.59  | 91.19%      |
| 05      | Muestra 02 -(30% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 165.00 | 94.29% |         |             |
| 06      | Muestra 02 -(30% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 153.63 | 87.79% |         |             |
| 07      | Muestra 02 -(30% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 169.17 | 96.67% | 168.65  | 96.37%      |
| 08      | Muestra 02 -(30% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 166.64 | 95.22% |         |             |
| 09      | Muestra 02 -(30% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 170.14 | 97.22% |         |             |
| 01      | Muestra 02 -(40% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 122.17 | 69.81% | 128.83  | 73.62%      |
| 02      | Muestra 02 -(40% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 130.16 | 74.38% |         |             |
| 03      | Muestra 02 -(40% AGR) | 13/5/2019 | 20/5/2019 | 7                | 134.16 | 76.66% |         |             |
| 04      | Muestra 02 -(40% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 159.56 | 91.18% | 155.39  | 88.79%      |
| 05      | Muestra 02 -(40% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 155.12 | 88.64% |         |             |
| 06      | Muestra 02 -(40% AGR) | 13/5/2019 | 27/5/2019 | 14               | 151.48 | 86.56% |         |             |
| 07      | Muestra 02 -(40% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 165.03 | 94.30% | 165.48  | 94.56%      |
| 08      | Muestra 02 -(40% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 167.15 | 95.51% |         |             |
| 09      | Muestra 02 -(40% AGR) | 13/5/2019 | 10/6/2019 | 28               | 164.26 | 93.86% |         |             |

OBSERVACION/COMENTARIOS

| FICHA TECNICA N°07: ENSAYO DE LA RESISTENCIA A COMPRESION DEL CONCRETO  |   |                    |           |                  |                    |         |         |             |
|---|---|--------------------|-----------|------------------|--------------------|---------|---------|-------------|
| MUESTRA:  | 06  |                    |           |                  |                    |         |         |             |
| TITULO DE INVESTIGACION:  | "Dosificación para la Elaboración de Concreto $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup> Usando los Residuos de Demoliciones de Concreto Estructural como agregado Grueso, Nuevo Chimbote - 2019" |                    |           |                  |                    |         |         |             |
| AUTOR:  | Luis Alberto Nuñuvero Luna  |                    |           |                  |                    |         |         |             |
| UNIVERSIDAD:  | Universidad Cesar Vallejo   |                    |           |                  |                    |         |         |             |
| MATERIAL:   | Agregado Grueso Reciclado - Concreto Reciclado  |                    |           |                  |                    |         |         |             |
| PROCEDENCIA:  | Residuos de Concreto Estructural  |                    |           |                  |                    |         |         |             |
| PORCENTAJE DE SUSTITUCION DEL AGR:  | 100%  |                    |           |                  |                    |         |         |             |
| DISEÑO DE CONCRETO:   | $f'c=175$ kg/cm <sup>2</sup>  |                    |           |                  |                    |         |         |             |
| UBICACIÓN:  | Chimbote - Peru   |                    |           |                  |                    |         |         |             |
| NTP 339.034 HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto, en muestras cilíndricas |   |                    |           |                  |                    |         |         |             |
| F'c=  | 175   | kg/cm <sup>2</sup> |           |                  |                    |         |         |             |
| SLUMP=  | -   | plg                |           |                  |                    |         |         |             |
| N°  | TESTIGO<br>ELEMENTO   | FECHA              |           | TIEMPO DE CURADO | FC                 | FC/F'c  | FC Prom | FC Prom (%) |
|   |   | MOLDEO             | ROTURA    | DIAS             | kg/cm <sup>2</sup> | (%)     |         |             |
| 01  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 20/2/2019 | 7                | 121.00             | 69.14%  | 119.20  | 68.11%      |
| 02  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 20/2/2019 | 7                | 120.00             | 68.57%  |         |             |
| 03  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 20/2/2019 | 7                | 122.00             | 69.71%  |         |             |
| 04  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 20/2/2019 | 7                | 117.00             | 66.86%  |         |             |
| 05  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 20/2/2019 | 7                | 117.00             | 66.86%  |         |             |
| 06  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 20/2/2019 | 7                | 118.00             | 67.43%  |         |             |
| 07  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 20/2/2019 | 7                | 114.00             | 65.14%  |         |             |
| 08  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 20/2/2019 | 7                | 121.00             | 69.14%  |         |             |
| 09  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 20/2/2019 | 7                | 122.00             | 69.71%  |         |             |
| 10  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 20/2/2019 | 7                | 120.00             | 68.57%  |         |             |
| 01  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 27/2/2019 | 14               | 156.00             | 89.14%  | 153.80  | 87.89%      |
| 02  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 27/2/2019 | 14               | 154.00             | 88.00%  |         |             |
| 03  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 27/2/2019 | 14               | 152.00             | 86.86%  |         |             |
| 04  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 27/2/2019 | 14               | 150.00             | 85.71%  |         |             |
| 05  | Muestra 03-(100% AGR)   | 12/2/2019          | 27/2/2019 | 14               | 149.00             | 85.14%  |         |             |
| 06  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 28/2/2019 | 14               | 153.00             | 87.43%  |         |             |
| 07  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 28/2/2019 | 14               | 158.00             | 90.29%  |         |             |
| 08  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 28/2/2019 | 14               | 149.00             | 85.14%  |         |             |
| 09  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 28/2/2019 | 14               | 160.00             | 91.43%  |         |             |
| 10  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 28/2/2019 | 14               | 157.00             | 89.71%  |         |             |
| 01  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 14/3/2019 | 28               | 175.00             | 100.00% | 174.90  | 99.94%      |
| 02  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 14/3/2019 | 28               | 176.00             | 100.57% |         |             |
| 03  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 14/3/2019 | 28               | 175.00             | 100.00% |         |             |
| 04  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 14/3/2019 | 28               | 177.00             | 101.14% |         |             |
| 05  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 14/3/2019 | 28               | 174.00             | 99.43%  |         |             |
| 06  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 14/3/2019 | 28               | 176.00             | 100.57% |         |             |
| 07  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 14/3/2019 | 28               | 174.00             | 99.43%  |         |             |
| 08  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 14/3/2019 | 28               | 175.00             | 100.00% |         |             |
| 09  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 14/3/2019 | 28               | 173.00             | 98.86%  |         |             |
| 10  | Muestra 03-(100% AGR)   | 13/2/2019          | 14/3/2019 | 28               | 174.00             | 99.43%  |         |             |
| OBSERVACION/COMENTARIOS   |   |                    |           |                  |                    |         |         |             |

Anexo 8. Panel Fotográfico de la Investigación Propia en el 2018



***Figura 13.*** Recolección del RCD



***Figura 14.*** Trituración del RCD para la obtención del agregado reciclado



***Figura 15.*** Obtención de los Agregados



***Figura 17.*** Ensayo de pesos Unitario



***Figura 16.*** Ensayo de granulometría



***Figura 18.*** Ensayo de absorción de los agregado natural y reciclado



***Figura 19.*** Utilización del picnómetro para el peso específico del agregado fino



***Figura 21.*** Ensayo a la abrasión del agregado natural y reciclado



***Figura 20.*** Granulometría del Agregado Reciclado



**Figura 22.** Control de probetas para tener una comparación eficaz



**Figura 23.** Combinación del agregado reciclado y natural por cuarteo



**Figura 24.** Asentamiento de 2.8" del concreto con agregado reciclado



**Figura 25.** Vaciado del concreto en las probetas



**Figura 26.** Finalización de vaciado de las probetas de concreto



**Figura 27.** Desencofrado de probetas



**Figura 28.** Rotura de una de las probetas de concreto experimental



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

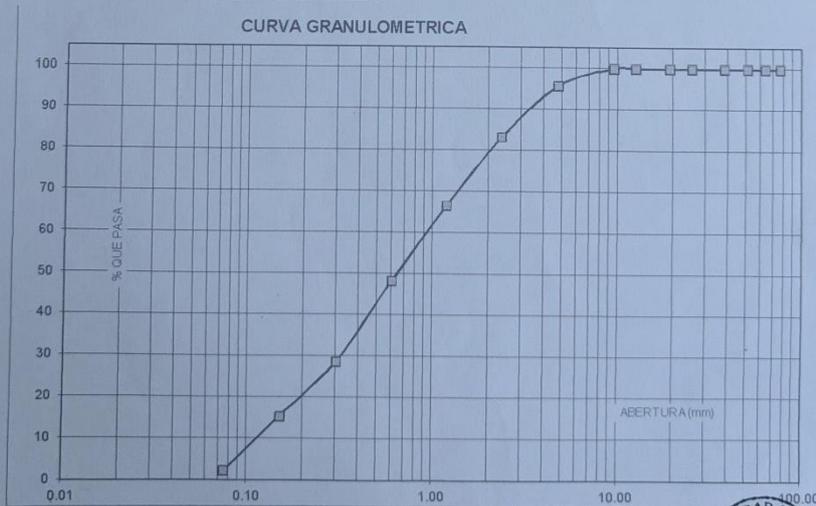
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO FINO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm<sup>2</sup> )  
 SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 12/10/2018

| TAMIZ               | Aberl.(mm) | Peso retenido (gr.) | % ret. Parcial (%) | % ret. Acumu. (%) | % Que pasa (gr.) |
|---------------------|------------|---------------------|--------------------|-------------------|------------------|
| N° 3"               | 76.20      | 0.0                 | 0.0                | 0.0               | 100.0            |
| 2 1/2"              | 63.50      | 0.0                 | 0.0                | 0.0               | 100.0            |
| 2"                  | 50.80      | 0.0                 | 0.0                | 0.0               | 100.0            |
| 1 1/2"              | 38.10      | 0.0                 | 0.0                | 0.0               | 100.0            |
| 1"                  | 25.40      | 0.0                 | 0.0                | 0.0               | 100.0            |
| 3/4"                | 19.10      | 0.0                 | 0.0                | 0.0               | 100.0            |
| 1/2"                | 12.50      | 0.0                 | 0.0                | 0.0               | 100.0            |
| 3/8"                | 9.52       | 0.0                 | 0.0                | 0.0               | 100.0            |
| N° 4                | 4.76       | 43.1                | 4.2                | 4.2               | 95.8             |
| N° 8                | 2.36       | 130.1               | 12.6               | 16.8              | 83.2             |
| N° 16               | 1.18       | 172.0               | 16.6               | 33.4              | 66.6             |
| N° 30               | 0.60       | 189.2               | 18.3               | 51.7              | 48.3             |
| N° 50               | 0.30       | 204.0               | 19.7               | 71.4              | 28.6             |
| N° 100              | 0.15       | 135.7               | 13.1               | 84.6              | 15.4             |
| N° 200              | 0.09       | 135.6               | 13.1               | 97.7              | 2.3              |
| PLATO ASTM C-117-04 |            | 23.8                | 2.3                | 100.0             | 0.0              |
| TOTAL               |            | 1033.5              | 100.0              |                   |                  |

| PROPIEDADES FÍSICAS |      |
|---------------------|------|
| Módulo de Fineza    | 2.62 |

| OBSERVACIONES                                      |
|--|
| La Muestra tomada identificada por el solicitante. |



| Finos          |      | Arena |        |      | Grava  |  |
|----------------|------|-------|--------|------|--------|--|
| Limo y Arcilla | Fina | Media | Gruesa | Fina | Gruesa |  |
|                |      |       |        |      |        |  |



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 JEFATURA  
 Ing. Jorge Montañez Reyes

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pines Mz. B s/n - Chimbote  
 Cel. 990579937

Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm2 )  
 SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 12/10/2018

#### PESO UNITARIO SUELTO

| Ensayo N°                     | 0 1  | 0 2  | 0 3  |
|-------------------------------|------|------|------|
| Peso de molde + muestra       | 8000 | 8000 | 8050 |
| Peso de molde                 | 3320 | 3320 | 3320 |
| Peso de muestra               | 4680 | 4680 | 4730 |
| Volumen de molde              | 2788 | 2788 | 2788 |
| Peso unitario ( Kg/m3 )       | 1679 | 1679 | 1697 |
| Peso unitario prom. ( Kg/m3 ) | 1685 |      |      |
| CORREGIDO POR HUMEDAD         | 1676 |      |      |

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

| Ensayo N°                     | 0 1  | 0 2  | 0 3  |
|-------------------------------|------|------|------|
| Peso de molde + muestra       | 8450 | 8500 | 8550 |
| Peso de molde                 | 3320 | 3320 | 3320 |
| Peso de muestra               | 5130 | 5180 | 5230 |
| Volumen de molde              | 2788 | 2788 | 2788 |
| Peso unitario ( Kg/m3 )       | 1840 | 1858 | 1876 |
| Peso unitario prom. ( Kg/m3 ) | 1858 |      |      |
| CORREGIDO POR HUMEDAD         | 1848 |      |      |



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO  
(ASTM D-2216)**

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL (FC 175 Kg/Cm<sup>2</sup>)  
 SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO REICLADO IMPEABILIZADO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 12/10/2018

| PRUEBA N°                   | 01   | 02   | 03 |
|-----------------------------|------|------|----|
| TARA N°                     |      |      |    |
| TARA + SUELO HUMEDO (gr)    | 952  | 869  |    |
| TARA + SUELO SECO (gr)      | 947  | 865  |    |
| PESO DEL AGUA (gr)          | 5    | 4    |    |
| PESO DE LA TARA (gr)        | 58   | 71   |    |
| PESO DEL SUELO SECO (gr)    | 889  | 794  |    |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)    | 0.56 | 0.50 |    |
| PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%) |      | 0.53 |    |



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montañez Reyes



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO FINO (Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm<sup>2</sup> )  
 SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : ARENA GRUESA  
 FECHA : 12/10/2016

|   |  |                 |        |        |
|---|--|-----------------|--------|--------|
| A | Peso de material saturado superficialmente seco (aire) | gr              | 300.00 | 300.00 |
| B | Peso de picnometro + agua                              | gr              | 668.00 | 668.00 |
| C | Volumen de masa + volumen de vacios (A+B)              | cm <sup>3</sup> | 968.00 | 968.00 |
| D | Peso de picnometro + agua + material                   | gr              | 858.00 | 858.00 |
| E | Volumen de masa + volumen de vacios (C-D)              | cm <sup>3</sup> | 110.00 | 110.00 |
| F | Peso de material seco en estufa                        | gr              | 299.00 | 299.00 |
| G | Volumen de masa ( E-(A-F) )                            |                 | 109.00 | 109.00 |
| H | P.e. Bulk (Base Seca)                                  | F/E             | 2.718  | 2.718  |
| I | P.e. Bulk (Base Saturada)                              | A/E             | 2.727  | 2.727  |
| J | P.e. Aparente (Base Seca)                              | F/E             | 2.743  | 2.743  |
| K | Absorción (%) ((D-A/A)x100)                            |                 | 0.33   | 0.33   |

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.718  
 P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.727  
 P.e. Aparente (Base Seca) : 2.743  
 Absorción (%) : 0.33





# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

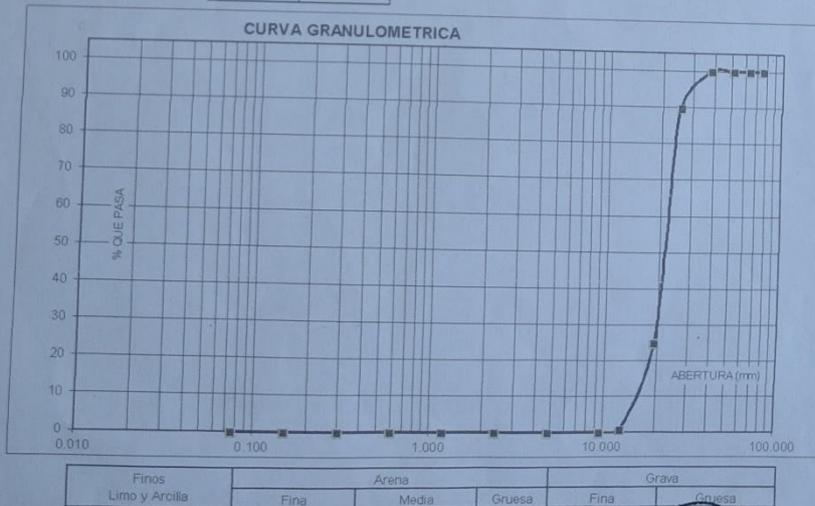
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO AGREGADO GRUESO (ASTM C 136-06)

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm<sup>2</sup> )  
 SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 12/10/2018

| TAMIZ        | Abert. (mm)   | Peso retenido (gr.) | % ret. Parcial (%) | % ret. Acum. (%) | % Que pasa (gr.) |
|--------------|---------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------|
| Nº 3"        | 76.200        | 0.0                 | 0.0                | 0.0              | 100.0            |
| 2 1/2"       | 63.500        | 0.0                 | 0.0                | 0.0              | 100.0            |
| 2"           | 50.800        | 0.0                 | 0.0                | 0.0              | 100.0            |
| 1 1/2"       | 38.100        | 0.0                 | 0.0                | 0.0              | 100.0            |
| 1"           | 25.400        | 188.7               | 10.3               | 10.3             | 89.7             |
| 3/4"         | 19.100        | 1189.0              | 64.8               | 75.1             | 24.9             |
| 1/2"         | 12.500        | 445.5               | 24.3               | 99.4             | 0.6              |
| 3/8"         | 9.520         | 11.0                | 0.6                | 100.0            | 0.0              |
| Nº 4         | 4.760         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| Nº 8         | 2.380         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| Nº 16        | 1.180         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| Nº 30        | 0.600         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| Nº 50        | 0.300         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| Nº 100       | 0.150         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| Nº 200       | 0.075         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| PLATO        | ASTM C-117-04 | 0                   | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| <b>TOTAL</b> |               | <b>1834.2</b>       | <b>100.0</b>       |                  |                  |

| PROPIEDADES FÍSICAS   |                  |
|-----------------------|------------------|
| Tamaño Máximo Nominal | "1"              |
| Huso                  | Nº 67            |
|                       | Ref. (ASTM C-33) |

| OBSERVACIONES                                     |
|---|
| La Muestra tomada identificada por el solicitante |



| Finos<br>Limo y Arcilla | Arena |       |        | Grava |        |
|-------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
|                         | Fina  | Media | Gruesa | Fina  | Gruesa |
|                         |       |       |        |       |        |

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
 JEFATURA  
 Ing. Jorge Montuñez Reyes

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote

Cel. 990579937

Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO GRUESO  
( ASTM D-2216 )**

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm2 )  
SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 12/10/2018

| PRUEBA N°                   | 01   | 02   | 03 |
|-----------------------------|------|------|----|
| TARA N°                     |      |      |    |
| TARA + SUELO HUMEDO (gr)    | 1159 | 1098 |    |
| TARA + SUELO SECO (gr)      | 1158 | 1096 |    |
| PESO DEL AGUA (gr)          | 1    | 2    |    |
| PESO DE LA TARA (gr)        | 67   | 65   |    |
| PESO DEL SUELO SECO (gr)    | 1091 | 1031 |    |
| CONTENIDO DE HUMEDAD (%)    | 0.09 | 0.19 |    |
| PROM. CONTENIDO HUMEDAD (%) |      | 0.14 |    |



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
*Jorge Montañez Reyes*  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm<sup>2</sup> )  
 SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA : RUBEN  
 MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
 FECHA : 12/10/2018

#### PESO UNITARIO SUELTO

| Ensayo N°                                       | 0 1   | 0 2   | 0 3   |
|---|-------|-------|-------|
| Peso de molde + muestra                         | 18500 | 18550 | 18500 |
| Peso de molde                                   | 5120  | 5120  | 5120  |
| Peso de muestra                                 | 13380 | 13430 | 13380 |
| Volumen de molde                                | 9354  | 9354  | 9354  |
| Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )             | 1430  | 1436  | 1430  |
| <b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b> |       | 1432  |       |
| CORREGIDO POR HUMEDAD                           |       | 1430  |       |

#### PESO UNITARIO COMPACTADO

| Ensayo N°                                       | 0 1   | 0 2   | 0 3   |
|---|-------|-------|-------|
| Peso de molde + muestra                         | 20100 | 19900 | 19900 |
| Peso de molde                                   | 5120  | 5120  | 5120  |
| Peso de muestra                                 | 14980 | 14780 | 14780 |
| Volumen de molde                                | 9354  | 9354  | 9354  |
| Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )             | 1601  | 1580  | 1580  |
| <b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b> |       | 1587  |       |
| CORREGIDO POR HUMEDAD                           |       | 1686  |       |



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Ing. Jorge Montuñez Reyes  
 JEFE



UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION AGREGADO GRUESO  
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm<sup>2</sup> )  
SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : PIEDRA CHANCADA  
FECHA : 12/10/2018

|   |  |        |        |
|---|--|--------|--------|
| A | Peso de material saturado superficialmente seco (aire) | 916.70 | 878.80 |
| B | Peso de material saturado superficialmente seco (agua) | 598.40 | 574.60 |
| C | Volumen de masa + volumen de vacios (A-B)              | 318.30 | 304.20 |
| D | Peso de material seco en estufa                        | 914.80 | 876.90 |
| E | Volumen de masa (C-(A-D))                              | 316.40 | 302.30 |
| G | P.e. Bulk (Base Seca) D/C                              | 2.874  | 2.883  |
| H | P.e. Bulk (Base Saturada) A/C                          | 2.880  | 2.889  |
| I | P.e. Aparente (Base Seca) D/E                          | 2.891  | 2.901  |
| F | Absorción (%) ((D-A/A)x100)                            | 0.21   | 0.22   |

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.878  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.884  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.896  
Absorción (%) : 0.21





UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA ABRASION  
( MAQUINA DE LOS ANGELES)

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm2 )  
SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : AGREGADO GRUESO  
FECHA : 13/11/2018

Peso de la muestra (gr.) : 5000  
Método : A  
Número de esferas : 12  
Número de revoluciones : 500  
Desgaste (%) : 6.9

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 131.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



**UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS  
DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

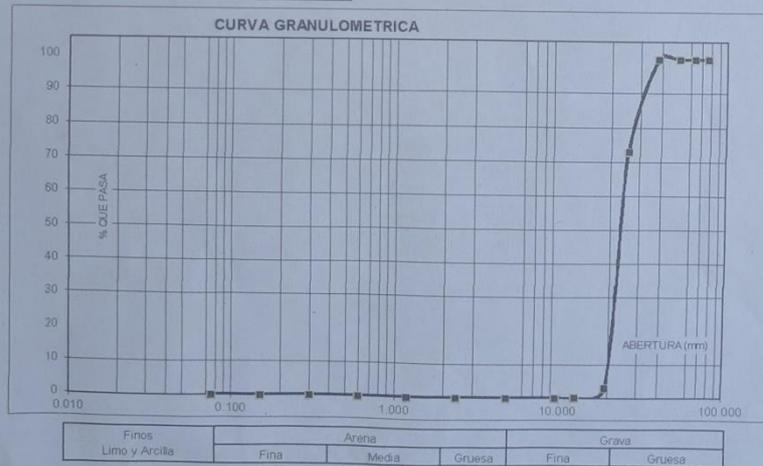
**ANALISIS GRANULOMETRICO AGREGADO GRUESO RECICLADO**  
(ASTM C 136-06)

SOLICITA ALVA ROSAS MARCO HUGO  
 TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm2 )  
 SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
 LUGAR CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA S/P  
 MATERIAL AGREGADO GRUESO RECICLADO  
 FECHA 12/10/2018

| TAMIZ  | Abert. (mm)   | Peso retenido (gr.) | % ret. Parcial (%) | % ret. Acumu (%) | % Que pasa (gr.) |
|--------|---------------|---------------------|--------------------|------------------|------------------|
| N° 3"  | 76.200        | 0.0                 | 0.0                | 0.0              | 100.0            |
| 2 1/2" | 63.500        | 0.0                 | 0.0                | 0.0              | 100.0            |
| 2"     | 50.800        | 0.0                 | 0.0                | 0.0              | 100.0            |
| 1 1/2" | 38.100        | 0.0                 | 0.0                | 0.0              | 100.0            |
| 1"     | 25.400        | 463.5               | 27.0               | 27.0             | 73.0             |
| 3/4"   | 19.100        | 1203.5              | 70.1               | 97.1             | 2.9              |
| 1/2"   | 12.500        | 49.0                | 2.9                | 99.9             | 0.1              |
| 3/8"   | 9.520         | 1.0                 | 0.1                | 100.0            | 0.0              |
| N° 4   | 4.750         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| N° 8   | 2.380         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| N° 16  | 1.180         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| N° 30  | 0.600         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| N° 50  | 0.300         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| N° 100 | 0.150         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| N° 200 | 0.075         | 0.0                 | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| PLATO  | ASTM C-117-04 | 0                   | 0.0                | 100.0            | 0.0              |
| TOTAL  |               | 1717.0              | 100.0              |                  |                  |

| PROPIEDADES FISICAS   |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| Tamaño Maximo Nominal | "1"                       |
| Huso                  | N° 67<br>Ref. (ASTM C-33) |

OBSERVACIONES  
La Muestra tomada identificada por el solicitante.



| Finos<br>Limo y Arcilla | Arena |       |        | Grava |        |
|-------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
|                         | Fina  | Media | Gruesa | Fina  | Gruesa |
|                         |       |       |        |       |        |

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
 Jda. Jorg. Montañez Reyes  
 JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
 Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762  
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe



**PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO RECICLADO**

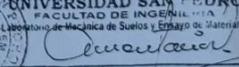
SOLICITA ALVA ROSAS MARCO HUGO  
 TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm<sup>2</sup> )  
 SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
 LUGAR CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
 CANTERA S/P  
 MATERIAL AGREGADO GRUESO RECICLADO  
 FECHA 12/10/2018

**PESO UNITARIO SUELTO**

| Ensayo N°                                       | 0 1   | 0 2   | 0 3   |
|---|-------|-------|-------|
| Peso de molde + muestra                         | 16700 | 16800 | 16850 |
| Peso de molde                                   | 5120  | 5120  | 5120  |
| Peso de muestra                                 | 11580 | 11680 | 11730 |
| Volumen de molde                                | 9354  | 9354  | 9354  |
| Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )             | 1238  | 1248  | 1254  |
| <b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b> | 1247  |       |       |

**PESO UNITARIO COMPACTADO**

| Ensayo N°                                       | 0 1   | 0 2   | 0 3   |
|---|-------|-------|-------|
| Peso de molde + muestra                         | 17750 | 18150 | 18450 |
| Peso de molde                                   | 5120  | 5120  | 5120  |
| Peso de muestra                                 | 12630 | 13030 | 13330 |
| Volumen de molde                                | 9354  | 9354  | 9354  |
| Peso unitario ( Kg/m <sup>3</sup> )             | 1350  | 1393  | 1425  |
| <b>Peso unitario prom. ( Kg/m<sup>3</sup> )</b> | 1389  |       |       |

UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
  
 Ing. Jorge Montañez Reyes  
 JEFE

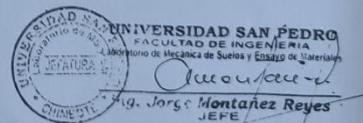


GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO RECICLADO  
(Según norma ASTM C-127)

SOLICITA ALVA ROSAS MARCO HUGO  
TESIS RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm<sup>2</sup> )  
SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
LUGAR CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
CANTERA S/P  
MATERIAL AGREGADO GRUESO RECICLADO  
FECHA 12/10/2018

|   |  |         |        |
|---|--|---------|--------|
| A | Peso de material saturado superficialmente seco (aire) | 1048.20 | 995.80 |
| B | Peso de material saturado superficialmente seco (agua) | 640.20  | 625.90 |
| C | Volumen de masa + volumen de vacíos (A-B)              | 408.00  | 369.90 |
| D | Peso de material seco en estufa                        | 991.40  | 965.40 |
| E | Volumen de masa (C-(A-D))                              | 351.20  | 339.50 |
| G | P.e. Bulk (Base Seca) D/C                              | 2.430   | 2.610  |
| H | P.e. Bulk (Base Saturada) A/C                          | 2.569   | 2.692  |
| I | P.e. Aparente (Base Seca) D/E                          | 2.823   | 2.844  |
| F | Absorción (%) ((D-A)/A)x100                            | 5.73    | 3.15   |

P.e. Bulk (Base Seca) : 2.520  
P.e. Bulk (Base Saturada) : 2.631  
P.e. Aparente (Base Seca) : 2.833  
Absorción (%) : 4.44





UNIVERSIDAD  
SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

**RESISTENCIA A LA ABRASION**  
( MAQUINA DE LOS ANGELES)

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm2 )  
SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
CANTERA : RUBEN  
MATERIAL : AGREGADO GRUESO RECICLADO  
FECHA : 13/11/2018

Peso de la muestra (gr.) : 5000  
Método : A  
Número de esferas : 12  
Número de revoluciones : 500  
Desgaste (%) : 21.7

ESPECIFICACIONES: El ensayo responde a la norma de diseño ASTM C - 131.



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

## DISEÑO DE MEZCLA

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
 TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm2 )  
 SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
 LUGAR : CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH  
 FECHA : 14/12/2017

### ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño especificada es de 175 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

### MATERIALES

#### A.- Cemento :

- Tipo MS "Pacasmayo"
- Peso especifico ..... 3.10

#### B.- Agua :

- Potable, de la zona.

#### C.-Agregado Fino :

**CANTERA : VESIQUE**

- Peso especifico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1676 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1848 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.53 %
- Absorción 0.33 %
- Módulo de fineza 2.62

#### D.- Agregado grueso

**CANTERA : MEDINA**

- Piedra, perfil angular "4"
- Tamaño Máximo Nominal
- Peso especifico de masa 2.86
- Peso unitario suelto 1430 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1585 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.14 %
- Absorción 0.21 %



[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
 Cel. 990579937  
 Email: [lmsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:lmsyem@usanpedro.edu.pe)



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4" .

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4" , sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de "1" , el volumen unitario de agua es de 193 lt/m<sup>3</sup> .

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.750

### FACTOR DE CEMENTO

F.C. :  $193 / 0.750 = 257.333 \text{ kg/m}^3 = 6.05 \text{ bolsas / m}^3$

### VALORES DE DISEÑO CORREGIDOS

|                      |          |                    |
|----------------------|----------|--------------------|
| Cemento.....         | 257.333  | kg/m <sup>3</sup>  |
| Agua efectiva.....   | 191.989  | lts/m <sup>3</sup> |
| Agregado fino.....   | 899.049  | kg/m <sup>3</sup>  |
| Agregado grueso..... | 1095.171 | kg/m <sup>3</sup>  |

### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{257.33}{257.33} : \frac{899.049}{257.33} : \frac{1095.17}{257.33}$$

$$1 : 3.49 : 4.26 : 31.71 \text{ lts / bolsa}$$

### PROPORCIONES EN VOLUMEN

$$1 : 3.11 : 4.46 : 31.71 \text{ lts / bolsa}$$





# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### DISEÑO DE MEZCLA

( 50% SUSTITUCION DEL AGREGADO GRUESO)

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
 OBRA : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm<sup>2</sup> )  
 SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
 LUGAR : CHIMBOTE-SANTA-ANCASH  
 FECHA : 05/12/2018

#### ESPECIFICACIONES

- La selección de las proporciones se hará empleando el metodo del ACI
- La resistencia en compresión de diseño promedic 175 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días.

#### MATERIALES

##### A.- Cemento :

- Tipo I "Pacasmayo"
- Peso específico ..... 3.10

##### B.- Agua :

- Potable, de la zona.

##### C.-Agregado Fino :

#### CANTERA RUBEN

- Peso específico de masa 2.72
- Peso unitario suelto 1676 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1848 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.53 %
- Absorción 0.33 %
- Módulo de fineza 2.62

##### D.- Agregado grueso

#### COMBINACION 50% AG.+ 50% AR

- Piedra, perfil angular "1"
- Tamaño Máximo Nominal 2.70
- Peso específico de masa 1337 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario suelto 1486 kg/m<sup>3</sup>
- Peso unitario compactado 1486 kg/m<sup>3</sup>
- Contenido de humedad 0.36 %
- Absorción 0.36 %



[www.usanpedro.edu.pe](http://www.usanpedro.edu.pe)

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote  
 Cel. 990579937

Email: [lmsyem@usanpedro.edu.pe](mailto:lmsyem@usanpedro.edu.pe)



# UNIVERSIDAD SAN PEDRO

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

### SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

De acuerdo a las especificaciones, las condiciones que la mezcla tenga una consistencia plástica, a la que corresponde un asentamiento de 3" a 4".

### VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

Para una mezcla de concreto con asentamiento de 3" a 4", sin aire incorporado y cuyo agregado grueso tiene un tamaño máximo nominal de 1", el volumen unitario de agua es de 193 lt/m<sup>3</sup>.

### RELACIÓN AGUA - CEMENTO

Se obtiene una relación agua - cemento de 0.750

### VOLUMENES ABSOLUTOS

|                        |                   |                             |
|------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Cemento.....           | (m <sup>3</sup> ) | 0.083                       |
| 45% Vidrio molido..... | (m <sup>3</sup> ) | 0.190                       |
| Agua efectiva.....     | (m <sup>3</sup> ) | 0.193                       |
| Agregado fino.....     | (m <sup>3</sup> ) | 0.329                       |
| Agregado grueso.....   | (m <sup>3</sup> ) | 0.190                       |
| Aire.....              | (m <sup>3</sup> ) | 0.015                       |
|                        |                   | <u>1.000</u> m <sup>3</sup> |

### PESOS SECOS

|                        |         |                    |
|------------------------|---------|--------------------|
| Cemento.....           | 257.330 | kg/m <sup>3</sup>  |
| 45% Vidrio molido..... | 546.820 | kg/m <sup>3</sup>  |
| Agua efectiva.....     | 193.00  | lts/m <sup>3</sup> |
| Agregado fino.....     | 894.28  | kg/m <sup>3</sup>  |
| Agregado grueso.....   | 546.82  | kg/m <sup>3</sup>  |

### PESOS CORREGIDOS POR HUMEDAD

|                        |         |                    |
|------------------------|---------|--------------------|
| Cemento.....           | 257.330 | kg/m <sup>3</sup>  |
| 45% Vidrio molido..... | 547.586 | kg/m <sup>3</sup>  |
| Agua efectiva.....     | 202.28  | lts/m <sup>3</sup> |
| Agregado fino.....     | 899.05  | kg/m <sup>3</sup>  |
| Agregado grueso.....   | 547.59  | kg/m <sup>3</sup>  |

### PROPORCIONES EN PESO

$$\frac{272.98}{272.98} : \frac{929.804}{272.98} : \frac{1034.17}{272.98}$$

$$1 : 3.41 : 3.79 : 30.07 \text{ lts / bolsa}$$

### PROPORCIONES EXPERIMENTAL EN PESO

$$\frac{257.33}{257.33} : \frac{547.586}{257.33} : \frac{899.05}{257.33} : \frac{547.59}{257.33}$$

$$1 : 2.13 : 3.49 : 2.13 \quad 30.07 \text{ lts / bolsa}$$



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES  
Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE



**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL ( FC 175 Kg/Cm2 )  
SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 27/11/2018

F C : 175 Kg/cm2

| N° | TESTIGO<br>ELEMENTO | SLUMP<br>( " ) | FECHA      |            | EDAD<br>DIAS | FC<br>Kg/Cm2 | FCT/C<br>(%) |
|----|---------------------|----------------|------------|------------|--------------|--------------|--------------|
|    |                     |                | MOLDEO     | ROTURA     |              |              |              |
| 01 | PATRON              |                | 13/11/2018 | 20/11/2018 | 7            | 130.10       | 74.34        |
| 02 | PATRON              |                | 13/11/2018 | 20/11/2018 | 7            | 128.61       | 73.49        |
| 03 | PATRON              |                | 13/11/2018 | 20/11/2018 | 7            | 128.11       | 73.21        |
| 04 | PATRON              |                | 13/11/2018 | 27/11/2018 | 14           | 137.42       | 78.53        |
| 05 | PATRON              |                | 13/11/2018 | 27/11/2018 | 14           | 145.38       | 83.07        |
| 06 | PATRON              |                | 13/11/2018 | 27/11/2018 | 14           | 154.06       | 88.03        |
| 07 | PATRON              |                | 13/11/2018 | 11/12/2018 | 28           | 174.85       | 99.91        |
| 08 | PATRON              |                | 13/11/2018 | 11/12/2018 | 28           | 173.70       | 99.95        |
| 09 | PATRON              |                | 13/11/2018 | 11/12/2018 | 28           | 178.97       | 102.27       |

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

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





**ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION**

SOLICITA : ALVA ROSAS MARCO HUGO  
TESIS : RESISTENCIA A LA COMPRESION DE UN CONCRETO NO ESTRUCTURAL (FC 175 Kg/Cm<sup>2</sup>)  
SUSTITUYENDO EL 50% DE AGREGADO GRUESO NATURAL POR AGREGADO RECICLADO IMPEABILIZADO  
LUGAR : CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - ANCASH  
FECHA : 28/11/2018

F' C : 175 Kg/cm<sup>2</sup>

| N° | ELEMENTO     | SEUMP<br>(") | FECHA      |            | EDAD<br>DIAS | FC<br>Kg/Cm <sup>2</sup> | FC/FC |
|----|--------------|--------------|------------|------------|--------------|--------------------------|-------|
|    |              |              | MOLDEO     | ROTURA     |              |                          |       |
| 01 | EXPERIMENTAL |              | 14/11/2018 | 21/11/2018 | 7            | 111.04                   | 63.45 |
| 02 | EXPERIMENTAL |              | 14/11/2018 | 21/11/2018 | 7            | 108.11                   | 61.78 |
| 03 | EXPERIMENTAL |              | 14/11/2018 | 21/11/2018 | 7            | 109.67                   | 62.67 |
| 04 | EXPERIMENTAL |              | 14/11/2018 | 28/11/2018 | 14           | 111.69                   | 63.82 |
| 05 | EXPERIMENTAL |              | 14/11/2018 | 28/11/2018 | 14           | 107.61                   | 61.49 |
| 06 | EXPERIMENTAL |              | 14/11/2018 | 28/11/2018 | 14           | 124.82                   | 71.33 |
| 07 | EXPERIMENTAL |              | 14/11/2018 | 12/12/2018 | 28           | 126.20                   | 72.11 |
| 08 | EXPERIMENTAL |              | 14/11/2018 | 12/12/2018 | 28           | 141.18                   | 80.67 |
| 09 | EXPERIMENTAL |              | 14/11/2018 | 12/12/2018 | 28           | 138.79                   | 79.31 |

ESPECIFICACIONES : Los ensayos responde a la norma de diseño ASTM C-39.

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



UNIVERSIDAD SAN PEDRO  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Ing. Jorge Montañez Reyes  
JEFE