

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**Evaluación de la resistencia a compresión y durabilidad del concreto 175 kg/cm<sup>2</sup> remplazando ladrillo triturado por agregado fino, Chiclayo 2021**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR**

**Isamary Ines Zamora Diaz**

**ASESOR**

**Segundo Guillermo Carranza Cieza**

<https://orcid.org/0000-0001-9321-2501>

**Chiclayo, 2025**

**Evaluación de la resistencia a compresión y durabilidad del concreto  
175 kg/cm<sup>2</sup> remplazando ladrillo triturado por agregado fino,  
Chiclayo 2021**

PRESENTADA POR  
**Isamary Ines Zamora Diaz**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR

Jose Alberto Acero Martinez  
PRESIDENTE

Jorge Enrique Alvarez Ruffran  
SECRETARIO

Segundo Guillermo Carranza Cieza  
VOCAL

## **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada principalmente, a mis padres Juan Zamora Medina y Luz Marina Diaz Flores, por ser un pilar fundamental durante mi carrera y siempre han estado a mi lado en los momentos alegres y difíciles.

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios por haberme guiado con sabiduría y no dejar que me rinda en el camino, hasta haber logrado uno mis propósitos. A mis padres por el sacrificio, confianza, y enseñarme que para lograr una meta tiene que haber esfuerzo y perseverancia.

A los docentes que durante la carrera me guiaron, me mostraron su generosidad al compartir sus conocimientos y consejos que son importantes para el desarrollo de esta carrera.

A mis amigas y amigos que fui conociendo desde el primer día hasta el último ciclo, quienes me brindaron su amistad, así mismo hicieron que este camino me lleve anécdotas, aprendizaje de cada uno de ellos.

Y final mente gracias a todos aquellos por ser parte de este proceso y de alguna forma contribuyeron con su apoyo, sugerencias para la realización de este proyecto.

## TESIS FINAL

### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>25</b> %	<b>25</b> %	<b>3</b> %	<b>11</b> %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>8</b> %
<b>2</b>	<b>repositorio.uss.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>3</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2</b> %
<b>4</b>	<b>tesis.usat.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Andina del Cusco</b> Trabajo del estudiante	<b>1</b> %
<b>6</b>	<b>tesis.ucsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>7</b>	<b>repositorio.unfv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>8</b>	<b>repositorio.unp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %
<b>9</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1</b> %

## Índice

<b>Resumen</b> .....	<b>11</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>12</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>13</b>
<b>Marco Teórico</b> .....	<b>17</b>
<b>Revisión de la literatura</b> .....	<b>17</b>
Antecedentes internacionales .....	17
Antecedentes nacionales.....	17
<b>Bases Teóricas – Científicas</b> .....	<b>18</b>
Concreto:.....	18
Elementos del concreto: .....	20
Agregados: .....	22
Residuo sólidos de construcción (RCD) .....	25
Clasificación de RCD .....	25
Norma ASTM.....	26
Ensayos de laboratorio con su perspectiva Norma Técnica Peruana (NTP) .....	26
<b>Materiales y Métodos</b> .....	<b>27</b>
<b>Método de Investigación</b> .....	<b>27</b>
<b>Tipo de investigación</b> .....	<b>27</b>
<b>Población</b> .....	<b>27</b>
<b>Muestra</b> .....	<b>27</b>
<b>Formulación de hipótesis</b> .....	<b>28</b>
<b>Operacionalización de variables</b> .....	<b>29</b>
Técnicas e instrumentos .....	30
Clasificación del Ladrillo Industrial.....	30
Elección de Canteras.....	33
Criterios para el desarrollo de la investigación.....	34

Procedimientos .....	35
Estrategias de análisis de datos .....	57
<b>Resultados .....</b>	<b>59</b>
<b>Discusión .....</b>	<b>79</b>
<b>Propiedades del Agregado Natural Vs Agregado Artificial (Ladrillo Triturado)...</b>	<b>79</b>
<b>Influencia del reemplazo porcentual de agregado fino por agregado artificial     (Ladrillo Triturado) .....</b>	<b>83</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>91</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>93</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>95</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexo 1: Fotografías .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexo 2: Punto Crítico de botaderos de residuos de construcción o demolición (Vía     de Evitamiento – La Victoria) .....</b>	<b>98</b>
<b>Anexo 3: Punto Crítico de botaderos de residuos de construcción o demolición (Vía     de Evitamiento – La Victoria) .....</b>	<b>103</b>
<b>Anexo 4: Ensayos de laboratorio .....</b>	<b>105</b>
<b>Anexo 5: Propiedades del Concreto Fresco .....</b>	<b>110</b>
<b>Anexo 7: Propiedades del Ladrillo triturado.....</b>	<b>115</b>

## Lista de Tablas

Tabla 1: Tamices a utilizar para el análisis granulométrico .....	24
Tabla 2: Clasificación de los residuos solidos .....	25
Tabla 3: Identificación de numero de muestra a realizar .....	28
Tabla 4: Operacionalización de Variables .....	29
Tabla 5: Cantidad del material a ensayar en relación a si TMN. ....	38
Tabla 6: Relación de Tamaño del agregado a ensayar y capacidad de recipiente .....	44
Tabla 7: Peso específico del agregado artificial (ladrillo triturado).....	60
Tabla 8: Resultado del análisis granulométrico del agregado artificial (ladrillo triturado) .....	61
Tabla 9: Resultado del análisis granulométrico del agregado natural (arena) .....	62
Tabla 10: Resultado del peso específico del agregado natural (arena) .....	63
Tabla 11: Resultado del peso unitario suelto de la arena .....	63
Tabla 12: Resultado del peso unitario compactado de la arena .....	64
Tabla 13: Resultado del contenido de humedad de la arena .....	64
Tabla 14: Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso .....	65
Tabla 15: Resultado del peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso .....	66
Tabla 16: Resultado del peso unitario suelto del agregado grueso .....	66
Tabla 17: Resultado del peso unitario compactado del agregado grueso .....	67
Tabla 18: Resultado del contenido de humedad del agregado grueso .....	67
Tabla 19: Cuadro resumen de las propiedades físicas del agregado fino.....	68
Tabla 20: cuadro resumen de las propiedades físicas del agregado grueso .....	68
Tabla 21: Asentamiento del concreto en estado fresco .....	70
Tabla 22: Peso unitario del concreto en estado fresco .....	70
Tabla 23: Contenido de vacíos atrapados del concreto en estado fresco .....	70
Tabla 24: Cuadro de resistencia a edad de 7, 14 y 28 días – concreto patrón.....	71
Tabla 25: Cuadro de resistencia a edad de 7, 14 y 28 días – RE-10% .....	72

Tabla 26: Cuadro de resistencia a edad de 7, 14 y 28 días – RE-20% .....	73
Tabla 27: Cuadro de resistencia a edad de 7, 14 y 28 días – RE-30% .....	74
Tabla 28: Lecturas tomadas de barras a 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas expuesta a solución sulfatada - CP .....	75
Tabla 29: Promedio de la variación de longitud de las barras – CP.....	75
Tabla 30: Lecturas tomadas de barras a 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas expuesta a solución sulfatada LT 10% .....	75
Tabla 31: Promedio de la variación de longitud de las barras – LT 10% .....	76
Tabla 32: Lecturas tomadas de barras a 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas expuesta a solución sulfatada LT 20% .....	77
Tabla 33: Promedio de la variación de longitud de las barras – LT 20% .....	77
Tabla 34: Lecturas tomadas de barras a 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas expuesta a solución sulfatada LT 30% .....	77
Tabla 35: Promedio de la variación de longitud de las barras – LT 30% .....	78
Tabla 36: Comparación entre los pesos específicos y % de absorción del ladrillo triturado... 81	
Tabla 37: Comparación entre % de absorción y contenido de humedad del agregado fino .... 81	
Tabla 38: Comparación entre % de absorción y contenido de humedad del agregado grueso 81	
Tabla 39: Comparación entre % de absorción y contenido de humedad del ladrillo..... 82	
Tabla 40: comparación entre la variación del peso unitario del concreto en estado fresco ..... 86	
Tabla 41: Variación de la resistencia del concreto a edades de 7, 14 y 28 días con respecto al concreto patrón..... 87	

## Lista de imágenes

Imagen 1: Ensayo de granulometría: a) cuarteo para obtener una muestra proporcionada b) ladrillo triturado c) vista general de los tamices retenido el ladrillo triturado. ....	36
Imagen 2: Ensayo de peso específico de LT a) verificación de la muestra superficialmente seca b) eliminación de vacíos.....	40
Imagen 3: Contenido de humedad a) peso de la muestra seca b) colocación de la muestra al horno.....	43
Imagen 4: Peso unitario suelto – compactado: a) peso de la muestra PUS b) cuarteo del agregado grueso.....	45
Imagen 5: Relación de $f'c$ y $f'cr$ .....	49
Imagen 6: Tabla de SLUMP según el tipo de estructura.....	49
Imagen 7: Relación a/c de acuerdo al $f'c$ . ....	50
Imagen 8: Ensayos al concreto fresco a) Asentamiento b) Temperatura c) Contenido de aire. ....	53
Imagen 9: Resistencia a la compresión: a) Falla de espécimen a los 14 días b) Prensa Hidráulica .....	54
Imagen 10: Ensayo de durabilidad por medio de solución sulfatada: a) verificación de fluidez del mortero b) lecturas tomadas en el Comparador.....	56
Imagen 11: Reducción de tamaño del LT .....	59
Imagen 12: Reducción del tamaño de muestra: a) tamizado por la malla 3/8" b) Máquina de los ángeles que se utilizó para triturar el agregado. ....	60
Imagen 13: Resultado de la curva granulométrica del agregado artificial (ladrillo triturado). 61	
Imagen 14: Resultado de la curva granulométrica del agregado natural (arena) .....	62
Imagen 15: Resultado de la resistencia concreto patrón vs $f'c$ teórico. ....	71
Imagen 16: Resultado de la resistencia LT – 10% vs $f'c$ teórico. ....	72
Imagen 17: Resultado de la resistencia LT – 20% vs $f'c$ teórico. ....	73
Imagen 18: Resultado de la resistencia LT – 30% vs $f'c$ teórico. ....	74
Imagen 19: Gráfica del asentamiento para c/d diseño.....	83
Imagen 20: Comparación de la variación del asentamiento de distintos investigadores. ....	84

Imagen 21: Resultado de la temperatura para cada diseño realizado.....	85
Imagen 22: Variación del peso unitario del concreto a medida que se aumenta el % de reemplazo. ....	85
Imagen 23: Resultado del contenido de aire para cada diseño realizado. ....	86
Imagen 24: Gráfica ilustrativa de la resistencia para las edades de 7, 14 y 28 días.....	88
Imagen 25: Comparación de la resistencia para determinar la dosificación óptima.....	89
Imagen 26: Variación de longitud tomadas a la semana 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15.....	91
Imagen 27: Identificación de los puntos críticos de RCD.....	98
Imagen 28: Identificación de botadero de RCD.....	98
Imagen 29: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones. ....	99
Imagen 30: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones. ....	99
Imagen 31: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones. ....	100
Imagen 32: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones. ....	100
Imagen 33: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones. ....	101
Imagen 34: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones. ....	102
Imagen 35: Identificación del botadero de RCD.....	103
Imagen 36: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones. ....	103
Imagen 37: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones. ....	104
Imagen 38: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones. ....	104

## Resumen

La industria de la construcción actualmente se encuentra en un acelerado desarrollo, sin embargo, es de las más contaminantes a nivel mundial debido a la explotación masiva de canteras para la utilización de los agregados en el diseño por ello en los últimos años los investigadores buscan alternativas ecológicas como el ladrillo triturado y han realizado estudios que ayuden a mejorar los materiales de la mezcla del concreto logrando una alta resistencia a los 28 días. El objetivo de la presente investigación es determinar evaluar resistencia y durabilidad del concreto  $f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$  y reemplazo parcial de ladrillo triturado por agregado fino en los porcentajes de 10, 20 y 30 % respectivamente, luego se realizó la comparación de las propiedades del concreto patrón y experimental. El resultado arrojó que la óptima reemplazo de ladrillo triturado en sustitución parcial del agregado fino es del 10% para un  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$  siendo el aumento de la resistencia a la compresión, durabilidad como también en las propiedades en estado fresco del concreto.

**Palabras Clave:** Ladrillo triturado, RCD, concreto, resistencia y durabilidad.

### **Abstract**

The construction industry is currently in an accelerated development, however, it is one of the most polluting worldwide due to the massive exploitation of quarries for the use of aggregates in the design, so in recent years researchers are looking for ecological alternatives such as crushed brick and have conducted studies that help improve the materials of the concrete mixture achieving high strength after 28 days. The objective of this research is to determine the effect of the resistance and durability of concrete. Using concrete pattern  $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$  and partial replacement of crushed brick by fine aggregate in the percentages of 10, 20 and 30 % respectively, then the comparison of the properties of the pattern and experimental concrete was performed. The result showed that the optimal replacement of crushed brick in partial replacement of fine aggregate is 10% for an  $f'c = 175 \text{ kg / cm}^2$  being the increase in compressive strength, durability as well as in the properties in fresh state of the concrete.

**Keywords:** Crushed drill, RCD, concrete, strength, and durability.

## Introducción

En la actualidad el sector de la construcción viene creciendo de manera significativamente cada año, asimismo, contribuye al desarrollo de la economía de diversos países. Donde el concreto es principal material que más se utiliza para la construcción de edificios, obras viales, puentes, etc. Su utilización es con la finalidad de que las estructuras sean durables con el tiempo, por otro lado, para la elaboración del concreto se necesitan agregado (Fino y Grueso), cemento, agua y en algunos casos aditivos; de los cuales el agregado representa el 70% del volumen total de la mezcla. Para obtener estos agregados es necesario la explotación minera de la cantera y de los ríos, teniendo en cuenta que estos materiales no son renovables.

En un reporte de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en el programa para el medio ambiente que se realizó en el 2019 nos dice, que la arena es el tercer recurso más utilizado después del agua y el aire. También hace mención que al año se utilizan 50 000 millones de toneladas de arena y grava, donde la mayor parte es destinada a la producción del concreto. El problema es que la formación de la arena es un proceso que se da naturalmente y tarda años, por ende, la demanda es superior que la generación de este [1].

En el Perú según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), y señalado por la revista Perú Construye, el sector de construcción habría crecido un 41.3% (que se ve reflejado en un significativo incremento de consumo interno de cemento y de avance físico de obra) en el primer trimestre de este año [2]. La producción de arena tanto gruesa como fina en el periodo de 2019 y 2020 en el Perú donde se puede observar que en el año 2019 se ha tenido una producción total de arena de 1,922,162 de toneladas, a diferencia del año 2020 que su producción de arena bajo en un 52.7% con referencia al año 2019, debido al “Covid – 2019” [3]. En lo que va de este año al mes de setiembre la extracción de arena tanto gruesa como fina es de 1,309,140 toneladas, en efecto se ve reflejado un incremento del 4.8% con referencia del año 2020 [3].

En la localidad de Chiclayo a medida que crece la población, por ende, también crece el sector de la construcción, así como también la explotación de este recurso natural ha ido en incremento en los últimos años. La explotación de la arena ha sido ilimitando ya que gran mayoría de estas canteras son ilegales, por lo cual no se tiene un control ni datos estadísticos de la cantidad de arena que se explota anualmente. Teniendo en cuenta que hasta el 2015 se

extraía arena de manera ilegal de las dunas Montes de la Virgen que tiene una extensión aproximada de 70 hectáreas, pero el Gobierno Regional de Lambayeque inicio un proyecto para la recuperación y conservación de esta reserva forestal y que actualmente ya no se extrae este material de dicha cantera. Otro claro problema es de la cantera Tres tomas donde se viene explotando hace más de 50 años aproximadamente que es de inversión privada, teniendo en cuenta que posee más de 10 propietarios, por ejemplo, en la cantera “Astramacón” que tiene una extensión de 250 hectáreas ya alcanzo en su capacidad de explotación de arena, lo mismo sucede con los demás dueños de la cantera. Otro caso es la cantera de la cantera de “San Nicolas” que cuenta con una extensión aproximada de 100 hectáreas la cual ha sido explotada 2/4 de su capacidad y el tiempo que queda por explotar este recurso es de 5 años. En síntesis, después de realizar un análisis de las canteras más importantes de localidad de Chiclayo la arena que es un recurso primordial para que se elabore el concreto, se llega a la conclusión que este recurso esta potencialmente en escasez.

Varios investigadores de diversos países han venido trabajando en soluciones sostenibles para la sustitución de la arena, probando con materiales alternativos como el plástico reciclado, tierra, bambú, madera entre otros más. El reciclaje de los residuos sólidos de construcción y demolición para obtener agregados artificiales es una buena alternativa, por ejemplo, en Holanda produce 60 millones de residuos al año, del cual el 80% se recicla, el 18% se incinera y el 2% va a rellenos sanitarios, otro ejemplo es la primera ciclovía elaborada con plásticos reciclados que está ubicada en Zwolle provincia de Overijssel en los Países Bajos. En Colombia en los últimos años se ha venido reutilizando los residuos de construcción como material para la elaboración de concreto y asfaltos.

Debido a la problemática explicada líneas arriba, se propuso esta investigación que tiene como finalidad implementar como agregado artificial el ladrillo triturado en la elaboración del concreto simple ante una potencial escasez de arena en la provincia de Chiclayo, que probablemente tarde o temprano se van a agotar, de igual manera poder dar un mejor uso a los residuos de albañilería, ya que en el Perú no existe un adecuado manejo de estos residuos de construcción por parte de la municipalidad de Chiclayo. Hasta tal punto que los residuos de construcción son desechados en puntos críticos como se puede observar en el (Anexo 01). Por este motivo se optó por aprovechar y reutilizar el ladrillo ya que es uno de los materiales que más se usan y se desechan, y también buscar nuevas alternativas que no solo modifiquen, sino que también tengan las mismas características que permitan obtener un concreto de buena calidad.

### **Objetivo General**

- Evaluar de la Resistencia a Compresión y Durabilidad del Concreto 175 kg/cm<sup>2</sup> Reemplazando Ladrillo Triturado por Agregado Fino Chiclayo 2022.

### **Objetivos Específicos**

Además, los objetivos específicos son: determinar las propiedades físicas de los residuos de ladrillo provenientes de procesos constructivos como material sustitutorio; determinar el análisis granulométrico del ladrillo triturado y agregado grueso, realizar un diseño de mezcla por resistencia para el concreto simple  $f'c$  175 kg/cm<sup>2</sup>; evaluar las propiedades mecánicas del concreto simple en estado fresco y endurecido, reemplazando el agregado fino por porcentajes de ladrillo triturado; evaluar la durabilidad del concreto simple por medio de soluciones saturadas de Sulfatos; determinar la dosificación óptima y de productividad de concreto sustituido por ladrillo triturado.

La presente investigación se justifica teóricamente tenemos estudios que buscan implementar nuevas tecnologías de materiales para sustituir a los convencionales que teniendo en cuenta que estos recursos no son renovables. Para ello planeo proponer un agregado artificial a base del ladrillo de arcilla proveniente de demoliciones, además el ladrillo es el más utilizado nos solo en la región si no a nivel mundial.

Como justificación práctica, de acuerdo con la norma E.060 de la normativa nacional de edificación, se pueden utilizar áridos que no cumplan con los requisitos especificados en la NTP correspondiente, siempre que el constructor acredite mediante ensayos y experiencia laboral que producen hormigón. con la resistencia y durabilidad requeridas. Por tanto, este estudio busca demostrar el uso del ladrillo triturado como agregado fino.

En el aspecto económico, se busca la reducción de costos del material como de su transporte, en cuanto que a medida que pasa el tiempo va subiendo de precio de este recurso. Por lo cual con este agregado artificial se busca la reducción de costo al elaborar un concreto con complemento de ladrillo triturado proveniente de residuos de construcción o demolición (RCD) a diferencia del convencional, también se generaría nuevos empleos para producción de este nuevo insumo.

Como justificación socioambiental tenemos el estudio y desarrollo de la valuación de resistencia del concreto simple, favorecerá a la población ya que se busca una mejora de las propiedades mecánicas del concreto simple por ende el buen funcionamiento de las viviendas a esto se suma el aprovechamiento de ladrillo de arcilla proveniente de residuos de construcción o demolición (RCD), en consecuencia, reducir la contaminación ambiental.

## **Marco Teórico**

### *Revisión de la literatura*

#### *Antecedentes internacionales*

Julieth N. Pineda Rincón y Gina A. Quintero Moreno [4], en el desarrollo de tu investigación confirma que la industria de la construcción en Colombia registró un aumento del 4,6% en 2018, que a su vez incluye otros aspectos como la protección ambiental, por lo que fue necesario utilizar y reutilizar dichos materiales provenientes de demoliciones. Para el desarrollo de esta investigación, se trituró el ladrillo para obtener el diámetro adecuado, luego se realizó la conversión del material, el diseño de la mezcla y finalmente las pruebas de densidad, consistencia normal, tiempo de fraguado, resistencia del mortero y resistencia a la compresión. Como resultado, se encontró que al agregar 25 polvo de ladrillo a la mezcla resulta que se puede aplicar en concreto, ya que no es posible observar que esta disminución de resistencias en comparación con las de los morteros en términos de densidad, no fue ni posible Para medir la calidad del cemento, ni se ha determinado la presencia de aditivos en el mismo, en conclusión, diferentes insumos actúa como aditivo para el cemento ya que es un material conocido química y físicamente, en cambio el polvo de ladrillo es un resultado material.

#### *Antecedentes nacionales*

Mayela. Castillo y Kevin. A. Hernández Muñaqui [5], afirman que el problema de la mayoría de los hogares cercanos al mar se ve agravado por patologías provocadas por sustancias químicas como sulfatos y cloruros. El estudio analizó el hormigón de baja permeabilidad con la adición de polvo de ladrillo, utilizando hojas de datos de observación y de ingeniería como herramientas y técnicas de recopilación de datos. Se obtuvo como análisis, para el diseño de mezcla se realizó a una dosis del 5%, 15%, 25% y 30% también realizaron pruebas tanto en estado fresco como curado. Se obtuvieron los siguientes resultados: que la resistencia a la compresión aumenta con la edad de la prueba y alcanza el valor de 67 MPa para la muestra después de 28 días, es decir 1.5% más que los 39.73 MPa para la muestra de concreto estándar, para un polvo de 25 ladrillos, lo que corresponde a un aumento de 22,112 sobre la muestra estándar, pero una disminución del 8,761% para el reemplazo de un polvo de 30 ladrillos, abreviatura de una estructura de hormigón con baja permeabilidad y con un polvo de ladrillo

de 25 trabajos con valores  $f'c$  aceptables y se logró una reducción en el contenido de poros del 7%. una incorporación de 25 adobe en polvo.

Herbert Rosas [6], el problema es que las unidades de ladrillo con exceso de cocción se descartan alrededor de las fábricas de ladrillo generando un impacto negativo en el medio ambiente, debido a ello vio la necesidad de evaluar como agregado grueso para fabricar un concreto hidráulico. En primero lugar la investigación consistió en clasificar el ladrillo de arcilla, se elaboró 5 diseños de concreto, y un diseño con materiales convencionales y cuatro con reemplazo de 20%, 30%, 40% y 50% de agregado natural, con una relación de  $a/c$  de 0.52. Los resultados indican que el ladrillo triturado tiene humedad y trabajabilidad, por último, se concluye que el ladrillo puede usar como agregado grueso siempre y cuando el porcentaje de sustitución no supere el 30%.

Kimberly Masías M. [7], en Piura existen muchas ladrilleras artesanales que diariamente generan residuos lo cuales contaminan el medio ambiente, debido a esta problemática el autor de esta tesis vio la necesidad de reutilizar estos desechos de ladrillo proveniente de distintas ladrilleras. La tesis consiste en experimentar un diseño de mezcla con una relación de  $a/c$  de 0.54, adicionando parcialmente del agregado grueso en peso de 5% 10% y 20%. Se evaluó la trabajabilidad, peso unitario y contenido de aire en estado fresco; en estado endurecido analizo la resistencia a la compresión, tracción y a la flexión por tracción y absorción a 28 días. Como resultado se obtuvo que, al reemplazar el agregado por ladrillo triturado, en estado endurecido mejora sus propiedades mecánicas del concreto.

### ***Bases Teóricas – Científicas***

#### ***Concreto:***

El concreto o también conocido como hormigón es la mezcla de cemento, áridos y agua. Sánchez de Guzmán, por su parte, lo define como “la mezcla del cemento, agregado grueso, agregado fino al que se le añade agua y, si es necesario, aditivos, que fortificando todo se vuelve compacto y al cabo de un tiempo es capaz de soportar grandes fuerzas compresivas [8].

El concreto es el más utilizado en la industria de la construcción a nivel mundial debido a su practicidad de elaboración y costos. En los últimos años se han venido realizando

investigaciones para evaluar el desempeño del concreto describieron que la resistencia juega un papel muy importante.

### ***Concreto simple:***

Es la mezcla del cemento, agregado (Grueso y fino), agua y aditivo en ocasiones que lo requiera. En el mezclado debe estar recubierto todos los insumos por la misma pasta. El concreto simple no tiene acero de refuerzo o que la tiene en una cantidad menor que el mínimo porcentaje especificado para el concreto armado [9].

### ***Propiedades del concreto:***

Las propiedades del concreto brindan a que este con el pasar del tiempo gane resistencia, además ahorrar insumos debido a su capacidad. El concreto es un material que resiste la descomposición y la oxidación. Teniendo en cuenta el concreto tiene 2 estados, en cada estado las propiedades varían en gran medida a través del control de sus insumos [10]

En estado fresco sus propiedades sobresalientes son fluidez, consistencia y temperatura; En estado duro se evalúa la capacidad portante del concreto, así como su resistencia, durabilidad frente a sulfatos y la calidad del hormigón.

En los párrafos siguientes va a definir las propiedades que se tomaron en cuenta para esta investigación.

### ***Resistencia mecánica:***

Es una característica del concreto en estado endurecido, este procedimiento reside en que se ensaya testigos a una prensa hidráulica y se ejerce una carga en la parte superior del espécimen, la resistencia aumenta debido a la cantidad de cemento se utilice. Este ensayo se realiza teniendo en cuenta la NTP 339.034, la cual concierne a realizar en los testigos de concreto [11].

### ***Trabajabilidad***

La trabajabilidad del hormigón es la capacidad de trabajar la composición, manipular, mezclar. Para evaluar la trabajabilidad se tendrá que realizar la prueba del Cono Abrams, que especifica la norma NTP339.035, donde el asiento del concreto es proporcional a la cantidad de agua en la mezcla. Los tipos de textura pueden ser secos, plásticos, blandos o fluidos y se pueden comparar por sedimentación [12].

### ***Funcionalidad y Durabilidad***

La funcionalidad es una cantidad cuantificable que es función de la capacidad portante de la estructura. La funcionalidad se cuantificará en este estudio en función de la vida útil esperada de la planta. Cuando el concepto de tiempo entra en juego al evaluar la funcionalidad de una estructura, varios factores externos (o factores de degradación) pasan a primer plano. Dado que la funcionalidad está estrechamente relacionada con la durabilidad del concreto, y se define como la capacidad de mantener la funcionalidad requerida [13].

### ***Porosidad***

La porosidad es el volumen de huecos que no está llenados uniéndose entre sí y dando lugar a la porosidad, en consecuencia, los poros crean fisuras en el concreto debilitando las estructura. [14].

### ***Permeabilidad***

La permeabilidad es la capacidad del material para permitir el flujo a través de sin alterar su estructura interior. El concreto es permeable si permite la entrada de una cantidad significativa de líquido en un tiempo estimado, y también se puede considerar impermeable si la fracción líquida es despreciable menos de 10-12 m / s [15].

### ***Ataque por sulfatos***

El ataque por sulfatos el uno de los mayores inconvenientes a tratar en esta investigación se realizará un ensayo para determinar el deterioro de los materiales en base al cemento. Debido a que en la ciudad de Chiclayo se caracteriza por tener un suelo salitroso que comúnmente las estructuras se ven afectadas por este fenómeno.

Los sulfatos pueden atacar al concreto que al reaccionar con el cemento puede crear presiones suficientes para quebrar la pasta y como consecuencia desintegrar el concreto; haciendo que la pasta pierda cohesión y resistencia [16]

### ***Elementos del concreto:***

#### ***Cemento hidráulico:***

Es un material molido que está formado de la mezcla de caliza, margas y arcillas, que en conjunto con la reacción química da lugar a su solidificación y debido a ello su denominación cementante hidráulico [17]. El proceso de elaboración del cemento portland es pulverizar

finamente la materia prima ya antes mencionada, mezclarla con una proporción y posteriormente calcinarla a una temperatura que va entre 1300 a 1400 °C, este proceso de calcinación da formación al conocido Clinker, una vez frío se adiciona yeso y materiales puzolánicos (triturados en partículas muy finas). El producto final es el cemento portland.

### ***Componentes del cemento portland:***

- Caliza (CaO): con un contenido entre 60% – 67%
- Arcilla (SiO<sub>2</sub>): con un contenido entre 17% – 25%
- Óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): con un contenido entre 3% – 8%
- Óxido de hierro (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): con un contenido entre 0.5% – 6%
- Óxido de Magnesio (MgO): con un contenido entre 0.1% – 0.4%
- Álcalis: con un contenido entre 0.2% – 1.3%
- Trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>): con un contenido entre 1% – 3%

Estos compuestos químicos en el proceso de calcinación interactúan de manera que forman una serie de productos más complejos, y alcanzan un equilibrio químico. Sin embargo, una de las complicaciones es que el equilibrio no se mantiene en el cuándo la masa se enfría y la velocidad afecta a la cristalización y material amorfo.

La combinación del cemento, junto con distintas adiciones ha permitido que se mejore su funcionabilidad, en cuanto resistencia, trabajabilidad, adaptación y durabilidad.

### ***Tipos de cementos Portland:***

De acuerdo con la NTP 334.009, existen cinco tipos de cemento los cuales son: tipo I, II, III, IV y V; además de los cementos puzolánicos tipo IP y IPM que están regidos por la norma NTP 334.009; a continuación se especificará los tipos de cementos:

- Tipo I: Para uso general que no requiera propiedades especiales específicas para cualquier otro tipo
- Tipo II: Para uso general, específicamente cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo II (MH): Para uso general cuando se desea un moderado calor de hidratación y moderada resistencia a los sulfatos.
- Tipo III: Para ser utilizado cuando se requiere altas resistencias iniciales

- Tipo IV: Cuando se desea un bajo calor de hidratación
- Tipo V: Para uso cuando se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos.
- 

En cuanto a los cementos adicionados consiste en la combinación de cemento con escoria o puzolanas, adición calcárea o la combinación de estas. Y se clasifican de la siguiente manera, de acuerdo con la NTP 334.090:

- Tipo Is: Cemento Pórtland con escoria de alto horno.
- Tipo IP: Cemento Pórtland puzolánico.
- Tipo I (PM): Cemento Pórtland puzolánico modificado.
- Tipo IL: Cemento Pórtland con adición calcárea.
- Tipo IT: Cemento Pórtland ternario.
- Tipo ICo: Cemento Pórtland compuesto.

### ***Agregados:***

Los agregados son un conjunto de partículas que pueden ser naturales o artificiales, que pueden ser tratadas o elaboradas además las dimensiones están comprendidas entre los límites estipulados por la NTP 400.037 [18].

El concreto está conformado por el 70% de agregados, de manera que ocupa el  $\frac{3}{4}$  partes de la mezcla. También llamados como áridos. Los agregados pueden ser aquel material que tiene resistencia propia suficiente, no afecte las propiedades de la mezcla, además que garantice la adherencia de la mezcla en estado endurecido. No obstante, existen algunos agregados que son perjudiciales que cuando se mezcla con el cemento reacción y afectan a su durabilidad.

Los agregados se clasifican de acuerdo con su densidad, tamaño, forma y procedencia:

### ***Según su densidad:***

La densidad depende de la cantidad de masa por unidad de volumen y del volumen de los poros, ya sean agregados naturales o artificiales. Esta distinción es necesaria porque afecta la densidad del concreto (ligero, normal o pesado) que se desea producir. Se clasifican de acuerdo con su peso unitario de agregado usados en

- Concretos ligeros 4080 – 140 kg/m<sup>3</sup>
- Concreto normal: 1300 – 1700 kg/m<sup>3</sup>

→ Concreto pesado: 3400 – 7500 kg/m<sup>3</sup>

***Según su tamaño:***

El tamaño de los áridos se puede determinar con el ensayo de granulometría, existen agregados finos, gruesos y global.

Los agregados finos se definen a que agregado tenga un tamaño de partícula de 4.76mm (Tamiz N°4) y no menor a .075mm o 75µm (Tamiz N°200); si la partícula su tamaño es de 0.075mm o 75µm (Tamiz N°200) es un material más fino.

El agregado grueso se denomina a la grava que tiene un tamaño máximo mayor o igual a 20mm y la gravilla con un tamaño máximo menor a 20mm.

El agregado global está formado por una mezcla de arena y grava, su tamaño de partícula de 2” y no menor a .075mm o 75µm (Tamiz N°200).

***Según su forma:***

Los áridos tienen una geometría irregular por caras redondeadas y angulares. Angular son cuyos bordes están bien definidos por caras planas y poco desgaste e lacara y borde; sub angulares cuando presentan poco desgaste encaras y bordes; sub redondeadas cuando hay un desgaste considerable de caras y bordes; redondeadas cuando los bordes están muy desgastados y muy redondeadas cuando no tiene caras ni bordes.

Las partículas alargadas o planas pueden ser perjudiciales para la mezcla del concreto ya que puede afectar la trabajabilidad, resistencia y durabilidad de este.

***Según su procedencia:***

→ Agregados naturales:

Es aquel agregado que proviene de la explotación natural de depósitos de arrastres fluviales o glaciales de canteras de diversas rocas o piedras. Se usan tal como se encuentra, pero variando la repartición de tamaño de partículas.

→ Agregado artificial:

Los agregados artificiales provienen a través de procesos tales como: arcillas expandidas, escorial de alto horno, Clinker, entre otros; estos materiales tienen mayor o menor densidad que los agregados naturales.

Los agregados cuando se realice el ensayo de granulometría se encuentre dentro los siguientes parámetros:

*Tabla 1: Tamices a utilizar para el análisis granulométrico*

<b>MALLA</b>	<b>% QUE PASA</b>
3/8"	100
Nº 4	95 – 100
Nº 8	80 – 100
Nº 16	50 – 85
Nº 30	25 – 60
Nº 50	10 – 30
Nº 100	2 – 10

*Fuente: Norma Técnica Peruana – NTP 400.012-2021-INACAL*

### ***Propiedades de los Agregados***

#### ***Peso específico***

Es el peso específico se define como la relación, a una temperatura constante de la masa de un volumen unitario del material, a la masa del mismo volumen de agua a una temperatura indicada [19]. Existe normativa peruana con la cual se podrán obtener estos parámetros tanto para el agregado fino como para agregado grueso cada agregado con su respectiva normativa NTP 400.021 y NTP 400.022.

#### ***Peso unitario suelto y compactado***

El peso unitario estriba de determinadas condiciones específicas del árido, como su forma, tamaño y grano, así como la humedad; que se puede dar en condiciones compactadas; a diferencia del peso específico este ensayo toma la consideración de vacíos dentro de un volumen. El procedimiento de este ensayo debe hacerse en relación con la NTP 400.17 [20].

#### ***Contenido de Humedad***

Es la cantidad de agua que contiene en el agregado fino en su estado natural. Esta propiedad es importante porque la cantidad de agua en el hormigón varía según el valor (en %). La norma que rige a este ensayo es la NTP 339.185 [21].

#### ***Agua:***

El agua es un componente primordial para la elaboración del concreto y curado además de ello permite que la mezcla tenga trabajabilidad; debe cumplir con las especificaciones de la Norma Técnica Peruana (NTP 339.088) [9].

### ***Residuo solidos de construcción (RCD)***

Los residuos de construcción son aquello que provienen de las actividades de construcción, rehabilitación, restauración, remodelación y demolición de infraestructura. El Ministerio del ambiente, clasifica en residuos peligrosos y residuos no peligrosos; los RCD peligrosos están conformados por: restos de madera tratada, envases de pinturas, pesticidas, envases de solventes, aceites, lubricantes entre otros. También menciona que hay RCD que se pueden reaprovechar como; desmonte limpio, concreto, unidades de albañilería, tabiques móviles, ente otros.

### ***Clasificación de RCD***

Los RCD presentan diferentes características en función del origen de su generación. En la Tabla N° 2, se presentan los tipos de residuos más comunes, donde se especifica su fuente de origen y su naturaleza.

*Tabla 2: Clasificación de los residuos solidos*

<b><i>Categoría</i></b>	<b><i>Grupo</i></b>	<b><i>Clases</i></b>	<b><i>Componentes</i></b>
<b>RCD aprovechables</b>	R. mezclados	residuos petreos	Concreto, cerámica, ladrillo, piedra, arena, material que no pasan la malla N° 200
	R. material fino	finos no expansivos	Arcilla u otros que pasan la malla N°200
		finos expansivos	Arcillas que tienen finos plásticos y expansivos que sobre pasa la malla N° 200
	otros residuos	no petreos metalicos organicos organivos vegetales	Pvc, madera, papel, vidrios Aluminio, acero Tierra Plantas
<b>RCD NO aprovechables</b>	R. peligrosos	reactivos, toxicos, explosivos	químicos, aglutinantes, plastificantes, pinturas, tiner
	R. especiales		carton, yeso

*Fuente: Elaboración propia.*

### ***Norma ASTM***

Las normas ASTM se utilizan en todo el mundo porque se respetan y se consideran insignificantes en ingeniería. También se sabe que más de sesenta países han utilizado esta norma como base para sus reglamentos técnicos, y más de cuarenta por ciento de ellos se venden fuera de los Estados Unidos. Estos estándares son distribuidos conjuntamente en todo el mundo por ASTM International, uno de los editores técnicos de estándares, documentos técnicos, información y artículos más reconocidos del mundo.

En el mismo portal de ASTM se puede apreciar que es una organización con fines de lucro que publica normas voluntarias por consenso a través de foros que se aplican a materiales, servicios, sistemas y productos [23]

### ***Ensayos de laboratorio con su perspectiva Norma Técnica Peruana (NTP)***

NTP 400.018 Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado N° 200 por lavado en agregado. Método de ensayo [24].

NTP 400.012: Análisis granulométrico del agregado fino y grueso. Método de ensayo [25].

NTP 400-017 Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados [20].

NTP 400.022 Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo [26]

NTP 400.021 Densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso. Método de ensayo [27].

NTP 339.185: Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo [21].

NTP 334.094: Método para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento portland expuestos a soluciones sulfatadas [28].

NTP 339.033 Elaboración y curado de especímenes de concreto en campo. Práctica [29]

## **Materiales y Métodos**

### ***Método de Investigación***

Según Hernández [31], define a la investigación como sistemática, controlada, empírica y crítica de propuestas hipotéticas. Las técnicas de esta investigación son la observación que se usará para, recopilar información, datos y resultados y también se hará uso de fichas de laboratorio.

Los instrumentos que se empleará para procesar los datos se hará uso de softwares con el Excel y las respectivas normativas peruana y ACI, para un óptimo resultado.

### ***Tipo de investigación***

Fernández [32], expresa que la investigación cuantitativa determina la fuerza de la correlación entre variables, generaliza y objetividad del resultado a través de una muestra. Por tanto, esta investigación es cuantitativa debido a que se pretende demostrar la hipótesis después de analizar las variables planteadas.

El tipo de estudio a realizar es una investigación experimental porque se establece una situación de control en la cual se maneja de manera internacional la variable independiente ladrillo triturado, por ende, analiza las consecuencias sobre la variable dependiente

El nivel de investigación es causal porque investiga la asociación de dos variables así encontrando una relación causa - efecto.

### ***Población***

La población de esta investigación está delimitada por toda aquella edificación que estén en demolición en toda la Provincia de Chiclayo.

### ***Muestra***

La muestra que se tomó para este estudio fue extraída de 3 distintos puntos críticos donde se desechan los residuos sólidos proveniente de la construcción. Para ello se hizo visita campo y recopilar la muestra más apta sin que afecte a la investigación.

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP.339.183), indica en el numeral 5.5 que el número de especímenes a ensayar para cada edad y condiciones de prueba es 3, así como también indica que las edades de los ensayos generalmente son 7 y 28 días para la resistencia a la compresión [24].

De acuerdo con lo que menciona la norma, por conveniencia y para una mayor precisión de los resultados de va a optar por evaluar las edades de 7, 14 y 28 días; obteniendo una población de 72 muestras.

*Tabla 3: Identificación de numero de muestra a realizar*

MUESTRA	EDAD DE ENSAYO (DIAS)			ENSAYOS DE DURABILIDAD	PARCIAL
	7	14	28	SULFATO	
Concreto convencional F'c 175 kg/cm <sup>2</sup>	4	4	4	6	18
Concreto adicionado con ladrillo triturado al 10%	4	4	4	6	18
Concreto adicionado con ladrillo triturado al 20%	4	4	4	6	18
Concreto adicionado con ladrillo triturado al 30%	4	4	4	6	18
<b>TOTAL, DE PROBETAS</b>					<b>72</b>

*Fuente propia*

### ***Formulación de hipótesis***

La hipótesis que se plantea a esta investigación es “El reemplazo porcentual del agregado fino por el ladrillo industrial triturado mejorará la propiedades físicas y mecánicas del concreto simple”

Las variables planteadas son las siguientes:

**Variable Dependiente:** Resistencia a compresión, durabilidad del concreto

**Variable Independiente:** ladrillo triturado

### Operacionalización de variables

Tabla 4: Operacionalización de Variables

TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
√. Independiente	Ladrillo Triturado	Es el ladrillo natural en forma de polvo, el ladrillo esta hecha a base de arcilla cocida de forma rectangular	En el agregado	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Granulometria</li> <li>▪ Peso Unitario</li> <li>▪ Peso especifico</li> <li>▪ Absorción</li> <li>▪ Conteido de Humedad</li> <li>▪ Modulo de finura</li> </ul>	Guías de Observacion Observación Visual
V. Dependiente	Resitencia del Concreto	Es el desempeño del concreto a la capacidad que soporta un carga y alcanza el máximo esfuerzo se da antes de producirse la ruptura del concreto.	Concreto fresco	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Temperatura</li> <li>▪ Asentamiento</li> <li>▪ Desmoldado y curado de probetas</li> <li>▪ Densidad</li> <li>▪ Absorción y vacios del concreto</li> </ul>	Guías de Observacion Observación Visual
			Concreto endurecido	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Compresión</li> </ul>	
	Durabilidad del Concreto		Concreto endurecido	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durabilidad de sulfatos</li> <li>▪ Durabilidad de cloruros</li> </ul>	Guías de Observacion Observación Visual

Fuente Propia

### ***Técnicas e instrumentos***

Las técnicas que se utilizó en la presente investigación se detallarán a continuación:

- Observación directa: durante el muestreo de los materiales se observará los resultados de las propiedades físicas de los agregados, como también los resultados del concreto en estado endurecidos y estado fresco.
- Experimentos: la cual se va a alterar las variables, con la finalidad de obtener el comportamiento del concreto patrón y de los diseños con el reemplazo de ladrillo triturado.
- Análisis de referencias: en el proceso de desarrollar esta investigación, se realizará una búsqueda de información bibliográfica que permita que esta investigación resuelva algún inconveniente y así mismo para contrastar lo resultados.

En cuanto a los instrumentos de recolección de datos se harán mediante software como Microsoft Excel se 2016, con este software realizará el diseño de mezcla, la cual se determinará el  $f^c$  propuesto. En acto seguido realizar los ensayos de acuerdo con su normativa correspondientes. En síntesis, todas las técnicas e instrumentos a emplear permitirán conocer el avance de estudio con el remplazo del ladrillo triturado en el ámbito internacional y nacional

### ***Clasificación del Ladrillo Industrial***

En primer lugar, comenzaremos por clasificar y seleccionar ladrillo de los residuos de la construcción o demolición que se encuentran en distintos puntos de la provincia de Chiclayo; para la selección de la muestra se tuvo en cuenta que sea homogénea esto quiere decir que se optó por escoger ladrillo para techo.

Asimismo, se tuvo en cuenta que la muestra no se encuentre contaminada por concreto u otro para así que no afecte en la investigación realizada. Posteriormente se realizó una trituración y finalmente realizar el tamizado hasta obtener la muestra de tamaño requerido.

En base al primer objetivo, se realizó la vista a diversos puntos críticos de la ciudad de Chiclayo, con la finalidad de clasificar el ladrillo, para ello se procedió a separar el ladrillo Industrial de los escombros, posteriormente se identificó si estas unidades de albañilería estaban

contaminadas con concreto, yeso, plástico u otro; asimismo se identificó el tipo de ladrillo como también el estado si esta entero o roto, por último, se dedujo la procedencia del residuo de ladrillo.

### **Ubicación de Punto Crítico de RCD – Vía de Evitamiento (La Victoria)**

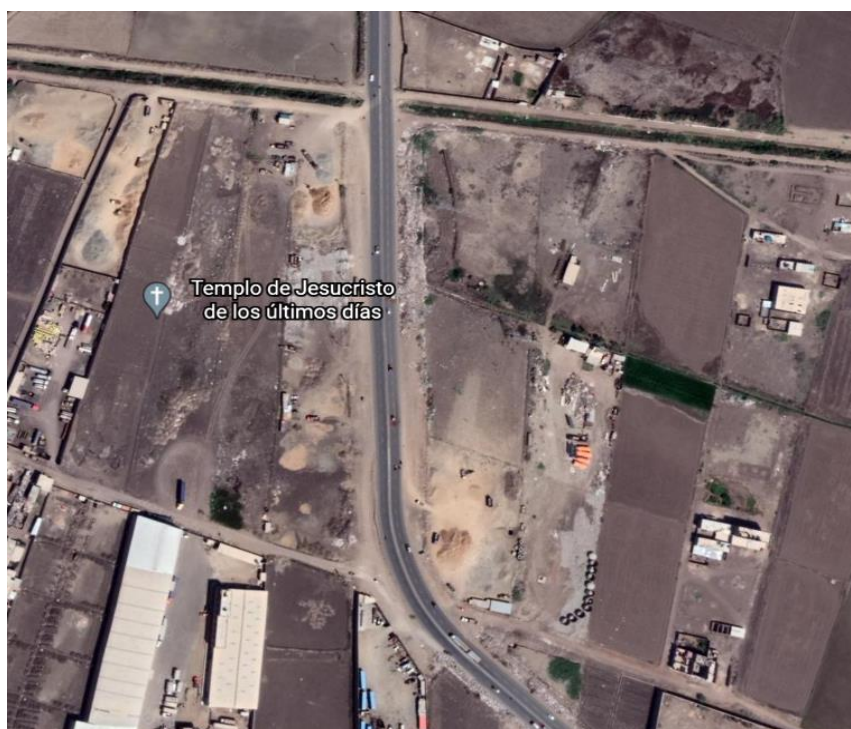
Coordenadas UTM

Zona: 17M

Este: 6° 47' 52"

Norte: 79° 51' 40"

Z: 21m



**Ubicación de Punto Crítico de RCD – Av. Grau (La Victoria)**

Coordenadas UTM

Zona: 17M

Este: 6° 48' 08"

Norte: 79° 51' 02"

Z: 23 m



## *Elección de Canteras*

### **Ubicación de la Cantera La Victoria - Pátapo**

Coordenadas UTM

Zona: 17M

Este: 6° 48' 08"

Norte: 79° 51' 02"

Z: 120 m



### Ubicación de la Cantera Pacherras

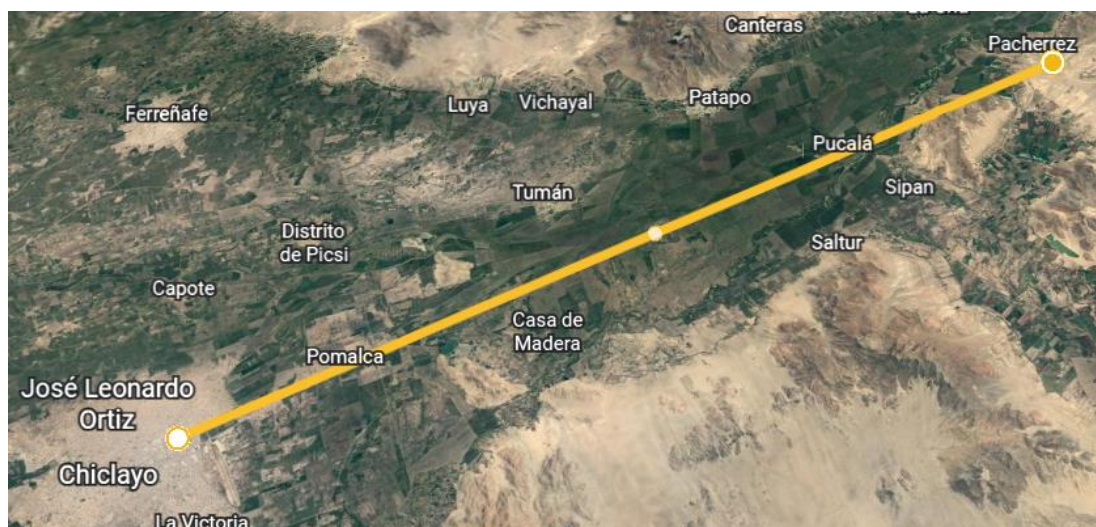
Coordenadas UTM

Zona: 17M

Este: 678953.07

Norte: 7952665.45

Z: 156 m



### *Criterios para el desarrollo de la investigación*

Como se ha mencionado anteriormente la clasificación y recolección de ladrillo provenientes de RCD, con respecto a los agregados a utilizar serán de las canteras ya antes mencionadas. En cuanto al cemento se trabajará el mismo tipo para todos los ensayos a elaborar, para así evitar cualquier alteración cuando se elabore las probetas.

Cabe mencionar, que la elección de porcentajes a estudiar se realizó de acuerdo a los antecedentes ya antes mencionados donde obtenemos el porcentaje utilizado por cada investigación:

- Pineda N. y Quintero G., en su investigación realizaron el reemplazo de polvo de cerámicos en reemplazo de cemento en porcentajes de 15%, 20%, 25% y 30% [4].

- Castillo M., en su tesis realizó la adición de polvo de ladrillo de arcilla al cemento en porcentajes de 5%, 15%, 25% y 30% [5].
- Masías K., en su investigación realizó reemplazo el porcentaje en peso del agregado grueso por ladrillo triturado en porcentajes de 5%, 10% y 20% [7].
- Rosas H., en su investigación realizó reemplazo el porcentaje en peso del agregado grueso por ladrillo de arcilla con exceso de cocción en porcentajes de 20%, 30% 40% y 50%

## ***Procedimientos***

### ***Ensayos de Laboratorio***

#### ***Granulometría – Arena – Ladrillo Triturado***

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 400.012: “Análisis Granulométrico del Agregado fino y Grueso. Método de Ensayo”.

Que tiene por objetivo principal de esta norma es determinar la distribución por tamaño de las partículas del agregado fino, grueso y global por tamizaje [25]. Cabe recalcar que para calcular los porcentajes que son retenidos sobre cada tamiz se aproximó al 0.1% más cercano.

#### **Instrumentos**

- Balanza electrónica con aproximación de 0.1g y exactitud de 0.1%.
- Tamices que deben cumplir con la NTP 334.170 (3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100).
- Horno con una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Cucharones
- Bandejas
- Agregado fino, la cantidad para el muestreo es de 300g.

#### **Procedimiento**

Primero se toma la cantidad de muestra, luego de ello se pesa y seguidamente se coloca al horno por durante 24h para así tener una muestra totalmente seca.

Una vez la muestra esta seca sigue pasar por los tamices 3/8”, N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, se procede a tamizar la muestra por cada uno de los tamices, teniendo en

cuenta de no sobrecargar el tamiz si es necesario separa la muestra en dos partes para así obtener un mejor tamizado y por un tiempo considerable.

Para concluir con el ensayo se procede a pesar la muestra que ha retenido cada tamiz y se anota en una libreta, para en gabinete hacer los cálculos correspondientes.



a)



b)



c)

*Imagen 1: Ensayo de granulometría: a) cuarteo para obtener una muestra proporcionada b) ladrillo triturado c) vista general de los tamices retenido el ladrillo triturado.*

*Fuente propia*

## Cálculos

Ahora bien, para calcular el módulo de fineza del agregado fino se hará sumando el porcentaje acumulado que es retenido de cada tamiz y esta suma se dividió entre 100: 150µm (Nº 100), 300 µm (Nº 50), 600 µm (Nº 30), 1.18 mm (Nº 16), 2.36 mm (Nº 8), 4.75 mm (Nº 4), 9.5mm (Nº 3/8’’).

$$MF = \frac{\sum \% \text{RETENIDO ACUM (3/8", N}^\circ 4, N^\circ 8, N^\circ 16, N^\circ 30, N^\circ 50, N^\circ 100)}{100}$$

De acuerdo con esta norma menciona que el módulo de fineza del agregado fino debe estar dentro de los intervalos de 2.3 a 3.1.

Los agregados deberían cumplir con los límites de granulometría según la norma ASTM – C33.

## *Granulometria – Agregado Grueso*

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 400.012: “Análisis Granulométrico del Agregado fino y Grueso. Método de Ensayo”.

Que tiene por objetivo principal de esta norma es determinar la distribución por tamaño de las partículas del agregado fino, grueso y global por tamizaje [25]. Cabe recalcar que para calcular los porcentajes que son retenidos sobre cada tamiz se aproximó al 0.1% más cercano.

## Instrumentos

- Balanza electrónica con aproximación de 0.1g y exactitud de 0.1%.
- Tamices que deben cumplir con la NTP 334.170 (1/2’’, 3/8’’, N°4, N°8, N°6).
- Horno con una temperatura de 110°C ± 5°C.
- Cucharones
- Bandejas
- Agregado fino, la cantidad para el muestreo es en relación con la tabla siguiente.

Tabla 5: Cantidad del material a ensayar en relación a si TMN.

<i>Tamaño máximo nominal Aberturas cuadradas, mm</i>	<i>Cantidad de la muestra de ensayo mínimo, kg (lb)</i>
9.5 (3/8)	1 (2)
12.5 (1/2)	2 (4)
19.0 (3/4)	5 (11)
25.0 (1)	10 (22)
37.5 (1 1/2)	15(33)
50 (2)	20 (44)
63(2 1/2)	35(77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 1/2)	100(220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: NTP – 400.012 [25]

### Procedimiento

Primero se toma la cantidad de muestra en relación con la tabla anterior, luego de ello se pesa y seguidamente se coloca al horno por durante 24h para así tener una muestra totalmente seca.

Una vez la muestra esta seca sigue pasar por los tamices 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°16, se procede a tamizar la muestra por cada uno de los tamices.

Para concluir con el ensayo se procede a pesar la muestra que ha retenido cada tamiz y se anota en una libreta, para en gabinete hacer los cálculos correspondientes.

### Cálculos

Ahora bien, para calcular el módulo de fineza del agregado Grueso se hará sumando el porcentaje acumulado que es retenido de cada tamiz y esta suma se dividió entre 100: 3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N°4, N°8, N°50, N°100.

$$MF = \frac{\sum \% \text{RETENIDO ACUM} (3", 1 1/2", 3/4", 3/8", N^{\circ}4, N^{\circ}8, N^{\circ}16, N^{\circ}30, N^{\circ}50, N^{\circ}100)}{100}$$

También se determina el tamaño máximo y tamaño máximo nominal, todo esto en relación con la NTP 400.037.

### ***Peso Específico y Absorción – Agregado Fino***

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 400.022: “Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo”.

Este método de ensayo tiene como objetivo principal calcular la densidad y absorción del agregado fino, esta norma se basa y un procedimiento para determinación de la densidad, pero no tiene en cuenta el volumen de los vacíos entre partículas [26].

#### **Instrumentos**

- Balanza electrónica con capacidad de 1kg y una sensibilidad a 0.1g y precisión de 0.1%.
- Picnómetro o fiola en el cual el volumen puede ser calibrado hasta  $\pm 0.1$  cm<sup>3</sup>.
- Molde y barra compactadora El molde metálico debe tener la forma de un tronco de cono. Con las dimensiones de la siguiente manera: 40 mm t 3 mm de diámetro interior en la parte superior, 90 mm t3 mm de diámetro interior en la parte inferior y 75 mm t3 mm de altura, con un metal que tiene un espesor mínimo de 0,8 mm.
- Horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### **Procedimiento**

En primer lugar, se realizará un cuarteo y extracción de la muestra para posteriormente saturar dentro de un recipiente con un nivel de agua superior a del volumen del agregado dejándolo reposar por 24 horas aproximadamente. Pasado el tiempo de saturación en agua, se escurre la muestra sedimentada y se le procede a esparcir sobre una fuente de aluminio para su secado superficial a temperatura ambiente, este secado deberá tener un seguimiento puesto que, se requiere obtener la muestra en estado saturado superficialmente seco (SSS). Para verificar de manera rápida la humedad de la muestra con un molde tronco cónico y pisón de compactación, se comienza a llenar con la arena el molde hasta la parte superior, luego de manera libre se apisona con 25 golpes. Se comprueba si la muestra esta apta para el ensayo si esta se mantiene  $\frac{3}{4}$  como máximo de su volumen con respecto a la capacidad del molde.

Se procede a tomar la masa de la fiola, de la misma manera de tomará lectura de la masa de la fiola más un volumen de agua igual a 500ml, luego se extrae parte del agua y se

procede a llenar 500g en el recipiente, una vez introducido toda la muestra se agita para eliminar las burbujas de aire que han quedado atrapadas entre las partículas de la arena.



a)



b)

*Imagen 2: Ensayo de peso específico de LT a) verificación de la muestra superficialmente seca b) eliminación de vacíos.*

*Fuente propia*

### Cálculos

$$S_s = \frac{1}{\frac{1}{S_d} - \frac{A}{100}}$$

$$S_a = \frac{1}{\frac{1 + A/100}{S_d} - \frac{A}{100}}$$

$$A = \left( \frac{1}{S_d} - 1 \right) * 100$$

Donde:

Sd= densidad relativa SH (gravedad específica)

Ss= densidad relativa SSS (gravedad específica)

Sa= densidad relativa aparente

A= absorción

### ***Peso Especifico y Absorción – Agregado Grueso***

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 400.021: “Análisis Granulométrico del Agregado fino y Grueso. Método de Ensayo”.

Método de ensayo para determinar la densidad y absorción del agregado Grueso, esta norma se basa en un procedimiento para calcular la densidad, pero no tiene en cuenta el volumen de los vacíos entre partículas [19].

#### **Instrumentos**

- Balanza electrónica con una sensibilidad a 0.5g y precisión de 0.01%.
- Recipiente para la muestra, canasta de 3.35mm de malla fina o cubo aproximadamente el mismo ancho y altura.
- Recipiente lleno de agua que sea hermético.
- Tamiz N°4
- Horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

#### **Procedimiento**

Este ensayo consiste en secar una muestra de agregado grueso en el horno durante 24 horas, una vez pasado este tiempo se saca y deja enfriar para después sumergirlos en agua durante 24 horas. Retire la muestra del agua y séquela con un paño absorbente grande hasta que se eliminen todas las partículas de agua visibles. Limpie las partículas más grandes por separado. Se permite el flujo de aire para facilitar las operaciones de secado. Durante el secado superficial, se tuvo cuidado de evitar que el agua se evaporara de los poros de los agregados. Determine la masa de la muestra de prueba en condiciones secas superficiales saturadas. Registre esta masa y todas las masas subsiguientes con una precisión de 0,5 g o 0,05 % de la masa de la muestra, lo que sea mayor. Acto seguido colar la muestra superficialmente seca sobre el contenedor para determinar la masa aparente. Al finalizar se deja la muestra en el horno para finalmente tomar lectura de la masa [19].

### Cálculos

$$OD = \frac{A}{B - C}$$

Donde:

OD: gravedad específica

A: masa de la muestra secada al horno

B: masa de la muestra de ensayo superficialmente saturada

C: masa aparente de la muestra saturada en agua

$$SSD = \frac{B}{B - C}$$

Donde:

SSD: gravedad específica

$$\text{Gravedad relativa aparente} = \frac{A}{A - C}$$

### *Contenido de humedad – Agregado Fino– Agregado Grueso*

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 339.185: “Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo”.

Método ensayo para determinar el contenido de humedad total del agregado, se basa en un procedimiento para determinar el porcentaje de humedad tanto superficial como contenida en los poros de los agregados [21].

### **Instrumentos**

- Horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Balanza electrónica con una sensibilidad de 0.01%.
- Recipiente para la muestra.

### **Procedimiento**

El procedimiento consiste en sacar una parte muestra de condiciones normales; para luego pesarla en una balanza con una precisión del 0.1%; posterior al pesado se lleva la muestra al horno por un tiempo de 24 horas; una vez llegado este tiempo se saca la muestra y se deja enfriar, finalmente la muestra fría se procede a pesar.



*Imagen 3: Contenido de humedad a) peso de la muestra seca b) colocación de la muestra al horno.*

*Fuente propia*

### **Cálculos**

El cálculo para determinar el contenido de humedad es el siguiente:

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

En el cual:

$p$ : contenido total de humedad (en porcentaje)

$W$ : masa de la muestra húmeda

$D$ : masa de la muestra seca

### ***Peso Unitario del Agregado Suelto – Agregado Fino – Agregado grueso***

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 400.017: “Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados”.

El objetivo de este método de ensayo para calcular el peso unitario del agregado en condiciones suelto y compactado también calcula los vacíos en los agregados. Se aplica en agregados que no sobrepase a 125mm como tamaño nominal máximo [20].

### Instrumentos

- Balanza electrónica con una exactitud de 0.1%.
- Varilla de apisonado de acero, redondeada de 16mm  $\pm$  2mm de diámetro.
- Recipiente cilíndrico que cumpla con los requisitos: deber ser hermético, altura aproximadamente igual al diámetro y la capacidad de acuerdo con la siguiente tabla.
- Cucharón o pala
- Bandejas
- Agregado fino

Tabla 6: Relación de Tamaño del agregado a ensayar y capacidad de recipiente

Tamaño máximo del agregado		Capacidad del recipiente <sup>A</sup>	
mm	pulg	m <sup>3</sup> (L)	pie <sup>3</sup>
12.5	1/2	0.0028(2.8)	1/10
25	1	0.0093(9.3)	1/3
37.5	1 1/2	0.014(14)	1/2
75	3	0.028(28)	1
100	4	0.07(70)	2 1/2
125	5	0.100(100)	3 1/2

<sup>A</sup> Los tamaños indicado de los recipientes serán usado para ensayar agregados de un tamaño nominal máximo igual o mejor a los listados. El volumen actual del recipiente será al menos 95% del volumen nominal listado.

**Fuente:** Norma Técnica Peruana (NTP 400.017- INACAL) [20]

**Elaboración:** Elaboración propia

### Procedimiento

En primer lugar, la muestra deber ser 125% o 200% la cantidad para llenar el recipiente, luego se procede a llenar el recipiente con la muestra a caída libre con una altura que no exceda los 50mm del borde superior del recipiente.

Una vez llenado el recipiente se nivela la superficie de manera que las partículas se equilibren. Por último, se procede a pesar su contenido del molde más el agregado con una exactitud de 0.05kg. Se repite el procedimiento dos veces más.



*Imagen 4: Peso unitario suelto – compactado: a) peso de la muestra PUS b) cuarteo del agregado grueso.*

*Fuente propia*

### **Cálculos**

Tanto para determinar el PUS, se empleará la siguiente fórmula:

$$PA = PT - PM \text{ (gr)}$$

En el cual:

PA: peso del agregado

PT: peso del molde más el agregado

PM: volumen del molde

$$\text{Peso unitario del agregado (PUS)} = \frac{PA}{VM} \text{ (gr)}$$

### ***Peso Unitario del Agregado Compactado – Agregado Fino – Agregado Grueso***

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 400.017: “Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados”.

El objetivo de este método de ensayo para calcular el peso unitario del agregado en condiciones suelto y compactado también calcula los vacíos en los agregados. Se aplica en agregados que no sobrepase a 125mm como tamaño nominal máximo [20].

### **Instrumentos**

- Balanza electrónica con una exactitud de 0.1%.
- Varilla de apisonado de acero, redondeada de 16mm ± 2mm de diámetro.
- Recipiente cilíndrico que cumpla con los requisitos: deber ser hermético, altura aproximadamente igual al diámetro y la capacidad de acuerdo con la tabla N°06.
- Cucharón o pala
- Bandeja
- Agregado fino

### **Procedimiento**

En primer lugar, la muestra deber ser 125% o 200% la cantidad para llenar el recipiente, luego se procede a llenar el recipiente con la muestra a caída libre con una altura que no exceda los 50mm del borde superior del recipiente.

Se llena el recipiente a un tercio del total y se procede a apisonar con 25 varillazos uniformemente y distribuido empezando desde el centro hacia afuera, luego se procede a llenar dos tercios del total y se realiza el procedimiento líneas arriba explicado y finalmente se llena su totalidad se varilla 25 veces y se nivel la parte superior para así uniformizar las partículas.

Finalmente se procede a pesar el recipiente más la muestra compactada y se repite el procedimiento dos veces más.

### **Cálculos**

Tanto para determinar el PUC, se hará uso de la formula:

$$PA = PT - PM \text{ (gr)}$$

En el cual:

PA: peso del agregado

PT: peso del molde más el agregado

PM: volumen del molde

$$\text{Peso unitario del agregado (PUC)} = \frac{PA}{VM} \text{ (gr)}$$

## ***Ladrillo Proveniente de Residuos de Demolición***

### ***Reducir el ladrillo a tamaño de ensayo***

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 400.043: “Reducir las muestras de agregados a tamaños de ensayo. Práctica”.

Esta norma tiene por objetivo primordial reducir la muestra, para ello establece tres métodos para la disminución de muestras de agregados de gran volumen a un tamaño adecuado. Tiene como finalidad de reducir las variaciones en sus características medidas entre muestras de ensayo seleccionadas [27].

### **Instrumentos**

- Cuarteador
- Máquina de los ángeles
- Comba
- Plástico para evitar que la muestra se contamine con partículas del suelo.

### **Procedimiento**

Teniendo en cuenta a la norma, existen tres métodos para reducir la muestra se realizó de acuerdo al Método B, la cual consisten en colocar una base de plástico para evitar el contacto directo de la muestra con el suelo, luego de ello se coloca la muestra y con la ayuda de una comba se va reduciendo el tamaño de la muestra.

Una vez realizado el primer chancado se procede a colocar en la máquina de los ángeles proporciones de la muestra; para esta investigación se colocó un aproximado de 7 kg de la muestra chancada a la máquina por un tiempo prologando de 7 minutos hasta 9 minutos.

Ahora bien, una vez acabar con el proceso anterior se procede a retirar la muestra de la máquina y se procede a tamizar primero por el tamiz N°4 para eliminar las partículas grandes, luego por el tamiz N°200 para eliminar las partículas finas que son prácticamente polvo.

Al mismo tiempo, la muestra selecta se coloca en un saco para su acumulación y evitar que este expuesto con otras partículas.

### ***Determinar el porcentaje de más finos que pasan el tamiz N°200***

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 400.018: “Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 m (No. 200) por lavado en agregados. Método de ensayo”.

Esta norma nos brinda un procedimiento para materiales más finos a que pasan por el tamiz N° 200, del agregado. Esta aplicado a partículas de arcilla u otras que son dispersas por el agua de lavado [28].

#### **Instrumentos**

- Tamices N°16 y el N°200 que cumplan con la NTP 350.011.
- Recipiente
- Balanza con una precisión de 0.1g y sensibilidad de 0.1%
- Horno a una temperatura de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .
- Agente humectante para la separación de los materiales más finos.

#### **Procedimiento**

Este ensayo consiste en primero colocar la muestra en el horno por 24 horas, paso ese tiempo sacar de horno, dejar enfriar y proceder a pesar.

Luego de ello, se procede a pasar la muestra por el tamiz N°200 para así determinar la e que pasa por este. Una vez terminado este proceso se coloca la muestra en un recipiente y se llena de agua y se comienza a lavar dicha muestra para separar las partículas más finas.

Una vez que la muestra este completamente limpio de partículas finas se coloca en el recipiente y se lleva al horno por un periodo de 24 horas una vez pasado el tiempo se procede a pesar.

#### **Cálculo**

$$A = \frac{P_a - P_b}{P_a} * 100$$

Donde:

A: Porcentaje del material más fino que pasa por el tamiz normalizado N°200, húmedo

Pa: Peso seco de muestra original (gramos)

Pb: Peso seco de muestra luego del lavado (gramos)

### *Diseño de mezcla - Método del comité ACI -211*

El diseño de mezclas un paso primordial para esta investigación. El comité ACI-211 plantea un método fácil de entender, por medio del cual se utilizan tablas[29]. Para poder ejecutar este método es preciso haber elaborado todos los ensayos correspondientes a los agregados de la arena y piedra. El modo para el diseño de mezcla es el siguiente:

Teniendo en cuenta que el concreto debe diseñarse para una resistencia promedio, esto quiere decir la resistencia es mayor a la especificada. Para ello, primero se seleccionó la  $f'_{cr}$ , en base al  $f'_c$  deseado; para aplicar este criterio se izo uso de la siguiente tabla Imagen 5.

*Imagen 5: Relación de  $f'_c$  y  $f'_{cr}$*

$F'_c$	$F'_{cr}$
Menos de 210	$F'_c + 70$
210 a 350	$F'_c + 84$
Más de 350	$F'_c + 98$

*Fuente: ACI*

Acto seguido se determinar el tamaño máximo nominal de la piedra, el cual fue hallado en el ensayo de granulometría, las normas como la E0.20, E0.30 y E0.60, recomiendan que el T.M.N sea el mayor que pueda ser económica, además sea compatible con las características de la estructura.

La selección del asentamiento deberá ser el que mande las especificaciones, no obstante para esta investigación se requiere tener una consistencia plástica, con un asentamiento entre 3” y 4””; en relación a la recomendación de Rivva López, nos muestra lo siguiente: “El concreto se dosificará para una consistencia plástica, con un asentamiento entre 3” y 4”... [30].

Tipo de construcción	Asentamientos	
	máximo	mínimo
zapatas y muros de cimentación armado	3"	1"
cimentación simple, cajones y subestructuras de muros	3"	1"
vigas	4"	1"
columnas de edificios	4"	1"
1	2"	1"

*Imagen 6: Tabla de SLUMP según el tipo de estructura.*

Luego, se calcula el volumen de agua por m<sup>3</sup> de concreto, este valor es conseguido a través la tabla que recomienda el comité 211 del ACI, el factor que se tiene en cuentas es el tamaño máximo nominal de la piedra y consistencia deseada.

En el concreto simple hay una cantidad de aire atrapado, que puede ser de los agregados, las condiciones de elaboración, granulometría y T.M.N. Esta medida será obtenida mediante la imagen N°7, la cual se halla en función del tamaño máximo nominal, a mayor tamaño de grava, se generará menores vacíos.

Se deberá elegir la relación a/c por resistencia, ya que el estudio realizado esta en función del  $f'c$  del concreto.

F'c	Relación a/c de diseño	
	concreto sin aire incorporado	concreto con aire incorporado
150	0.8	0.71
200	0.7	0.61
250	0.62	0.53
300	0.55	0.46
350	0.48	0.4
400	0.43	...
450	0.38	..

*Imagen 7: Relación a/c de acuerdo al  $f'c$ .*

Con los datos ya establecidos se emanará a realizar el diseño de mezclas, estableciendo el factor cemento, el volumen de agua a emplear, el importe de agregados y el volumen de aditivo si fuese necesario.

Después de realizar la espécimen de ensayo, se verifica que el concreto cumpla con el sentamiento ya establecido, si cumple este parámetro se cura el espécimen hasta las edades que estipule el proyectista, para determinar el  $f'c$  de la probeta y observar la variación que tiene respecto al  $f'c$  deseado; si en el caso que no cumpliera se tendrá que a realizar la corrección por humedad del concreto.

## ***Propiedades del Concreto en estado Fresco***

### ***Determinar el Asentamiento del Concreto***

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 339.035: “Medición del asentamiento del concreto de cemento hidráulico”.

Este ensayo tiene como objetivo primordial medir el asentamiento del concreto, en laboratorio como en campo [12]

#### **Instrumentos**

- Moldes preferibles de metal o plástico
- Barra compactadora de acero liso de  $16\text{mm} \pm 2\text{mm}$  de diámetro
- Wincha
- Cucharón
- Guantes

#### **Procedimiento**

Ahora bien, primero se humedece el molde y se coloca sobre una placa rígida que este nivelada. Luego se fija el molde con el apoyo de los pies para proceder a llenar con la mezcla, para el llenado se hace en tres fases; la primera se llena un tercio del molde con la ayuda del cucharón.

Una vez llenado un tercio se compacta con la varilla con 25 golpes iniciando desde afuera hacia el centro del molde; y así se sigue el mismo procedimiento para las capas siguientes, en la última se llena por exceso antes de compactar.

Ya compactado la capa superior se procede a enrazar la superficie y se elimina la mezcla de exceso alrededor del molde, para así dar lugar a levantar el molde con un movimiento ascendente firme.

Por último, se da paso a medir la diferencia entre la altura del molde y el centro de la cara superior del cono deformado.

### ***Peso Unitario y Contenido de aire***

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 339.046: “Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto”.

Método ensayo para determinar la desidad del conceto gresco y contenido de aire del concreto en estado fresco [20].

### **Instrumentos**

- Balanza electrónica con una precisión de 45g
- Varilla compactadora
- Vibrador interno
- Recipiente de medida
- Placa de alisado o espátula
- Mazo
- Chucharon

### **Procedimiento**

Humedecer las herramientas a utilizar como el recipiente, varilla y cucharones; luego pesar el recipiente, para luego empezar a llenar el molde en tres capas cada capa compactada con 25 varillazos y con una comba de goma 25 golpes, el mismo procedimiento para las demás capas.

En la última capa se enraza la superficie y se limpia para luego pesar el molde mas la masa de concreto.

### **Cálculos**

El cálculo para determinar el Peso Unitario es el siguiente:

$$D = \frac{M_c - M_m}{V_m}$$

Donde:

Mm: Masa del recipiente

Mc: Masa del recipiente lleno de concreto

Vm: Volumen de la medida

El cálculo para determinar el Densidad teórica es el siguiente:

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

El cálculo para determinar el contenido de aire es el siguiente:

$$A = \frac{T - D}{T} * 100$$



a)



b)



c)

*Imagen 8: Ensayos al concreto fresco a) Asentamiento b) Temperatura c) Contenido de aire.*

*Fuente propia*

## ***Propiedades del Concreto en Estado Endurecido***

### ***Determinación de la resistencia a la compresión del concreto***

El ensayo de compresión de especímenes de concreto se realizará de acuerdo a la norma NTP 339.034, la cual consisten en aplicar una carga de compresión al espécimen. La resistencia se calculará dividiendo la carga máxima alcanzada entre el área del espécimen.

Se deberá tener en cuenta que la maquina este calibrada, y se realizará ensayos a edades de 7, 14 y 28 días de curado. En la cual también se verificará el tipo de fractura que tiene cada probeta de acuerdo a la ASTM C39.



a)



b)

***Imagen 9: Resistencia a la compresión: a) Falla de espécimen a los 14 días b) Prensa Hidráulica***

*Fuente Propia*

### ***Ensayo para hallar el cambio de longitud de morteros exuestos a soluciones sulfatadas***

Para la realización de este ensayo se utilizó la Norma Técnica Peruana 339.043: “Método para determinar el cambio de longitud de cemento portland expuestos a soluciones sulfatadas”.

Este método de ensayo tiene como finalidad hallar el cambio de longitud de barras de mortero sumergida en soluciones sulfatadas [31].

### **Instrumentos**

- Mezclador, de acuerdo a lo que requiere la norma NTP 334.003
- Moldes cúbicos
- Moldes para las barras
- Compactador que cumpla las especificaciones de la NTP 334.076
- Contenedores de plástico u otro material hermético
- Horno a una temperatura constante de  $35^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$

### **Materiales**

- Reactivo
- Agua destilada
- Sulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )
- Solución sulfatada
- Arena gradada normalizada de acuerdo con la NTP 334.097
- Anclajes de acero inoxidable de acuerdo con la NTP 334.076

### **Procedimiento**

En primer lugar, se procede a elaborar el mortero de acuerdo con lo que especifica la NTP 334.051, la cual menciona que la relación de arena y cemento es de una parte de cemento por 2.75 partes de arena, con una relación a/c de 0.485 para todo tipo de cemento sin aire incorporado.

Una vez realizado el mortero se procede a colocar en los moldes de cubos y barras, en 3 capas con 16 golpes por cada capa. Posteriormente se procede a llenar los recipientes de agua y se coloca los moldes de cubos e barras, se tapa el recipiente y se lleva al horno para un curado inicial en total se colocaran 6 barras y 21 cubos, por un periodo de 24horas.

Una vez pasado este tiempo se procede a sacar las muestras del horno y deja enfriar, para después dar lugar a desencofrar, realizado este paso se apartan dos cubos para ser ensayados en la máquina de compresión.

Si los cubos llegan a la resistencia de requerida de 20Mpa, las barras se llevan al comparador para tomar una lectura inicial y posteriormente ser colocada en la solución sulfatada, la cual consisten en disolver por cada 900lt de agua destilada 550 gr de la

solución ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ). Las mediciones de cambio de longitud serán las 1,2,3,4,5,8,13 y 15 semanas después de sumergir las barras en la solución sulfatada, después de las 15 semanas se toma lectura a los 4,6,9 y 12 meses.



a)



b)

*Imagen 10: Ensayo de durabilidad por medio de solución sulfatada: a) verificación de fluidez del mortero b) lecturas tomadas en el Comparador.*

*Fuente Propia*

### **Cálculos**

El cálculo para determinar la variación de longitud :

$$\Delta L = \frac{L_x - L_i}{L_g} * 100$$

Donde:

$\Delta L$ : Cambio de longitud a la edad X, %

$L_x$ : Lectura en el comparador del espécimen a la edad x

$L_i$ : Lectura inicial en el comparador del espécimen

$L_g$ : Longitud nominal del calibre o 250mm como sea pertinente

Los cálculos deben ser calculados con una aproximación de 0.001%.

### ***Estrategias de análisis de datos***

En esta investigación se presentan cuatro fases para la recolección y estrategias de análisis de datos:

#### ***Fase I – Compilación de información***

- Revisión bibliográfica de antecedentes e información de artículos u otras investigaciones.
- Análisis y contrastación de información proveniente de los antecedentes.
- Revisión de sistemática de normativa peruana (NTP) como normas internacionales (ASTM)
- Revisión de progresos por parte del asesor

#### ***Fase II – Ensayos de Laboratorio***

- Realizo visita distintos puntos críticos de la ciudad de Chiclayo, en la cual se desecha este ladrillo proveniente de la construcción
- Recolectar e disponer un lugar para acumular el ladrillo
- Trituración del ladrillo y control de tamizado para no obtener muestras mayores a la Malla N°4 e inferior al tamiz N°200.
- Ensayos realizados a los agregados naturales como también al ladrillo triturado.
  - Granulometría
  - Peso específico y absorción
  - Contenido de humedad
  - Peso unitario suelto y compactado
- Revisión progresiva de los avances por parte del asesor

#### ***Fase III – Elaboración de especímenes de concreto***

- Realizar el diseño de mezcla patrón
- Elaboración de las probetas de concreto convencional, como también de los porcentajes.
- Ensayo del concreto fresco
  - Asentamiento del concreto
  - Peso unitario del concreto

- Contenido de vacíos del concreto
- Rotura a las edades de 7, 14 y 28 días
- Elaboración de las barras de mortero para ensayo de exposición a soluciones sulfatadas
  - Elaboración de cubos
  - Ensayo de compresión para ver a que edad llega a la resistencia requerida
  - Elaboración de barras del concreto patrón y los porcentajes de remplazo
  - Medición en el comparador de las barras

#### ***Fase IV– Analisis de resilyads y Discución***

- Procesamiento de datos
- Análisis de resultados
- Seleccionar del optimo diseño
- Revisión progresiva de los avances por parte del asesor
- Redacción de discusión
- Conclusiones y recomendaciones

## Resultados

### *Propiedades del Ladrillo Triturado*

### *Clasificación del Ladrillo Industrial Proveniente de Residuos Sólido de Construcción - RCD*

Para obtener el primer objetivo específico, el cual es determinar las propiedades físicas del ladrillo triturado, previo a esto se hizo una clasificación de ladrillo industrial, el procedimiento se detallará en los siguientes párrafos, de la misma manera los resultados que se obtuvieron.



*Imagen 11: Reducción de tamaño del LT*

*Fuente Propia*

Una vez identificado los puntos ya antes mencionados se seleccionó y separó el ladrillo así obteniéndose un material no contaminado, luego fue llevado al proceso de trituración primaria en el que por medio de una comba se trinchó en partes más pequeñas; luego fue llevado a otro triturado en la Máquina de los ángeles en la cual se colocó una cantidad de 7kg durante un tiempo de 8 minutos. Una vez obtenido el ladrillo triturado se pasó por la malla  $\frac{1}{4}$ " para separar las partículas grandes de la muestra, de la misma manera se pasó por la malla N° 200 para separar las partículas más finas.



*Imagen 12: Reducción del tamaño muestra: a) tamizado por la malla 3/8" b) Máquina de los ángeles que se utilizo para triturar el agregado.*

*Fuente Propia*

### ***Analisi de la Propiedades Fisicas del Ladrillo Industrial Triturado***

#### ***Peso específico y absorción del ladrillo triturado.***

*Tabla 7: Peso específico del agregado artificial (ladrillo triturado)*

<b><i>I.- Datos.</i></b>			
A.- Peso del LT SSS	(g)	100	100
B.- Peso del frasco + H2O	(g)	453.4	453.4
C.- Peso del frasco + H2O + Peso del LT SSS	(g)	695.5	695.5
D.- Peso del LT secado al Horno	(g)	98.0	98.0
<b><i>II.- Resultados</i></b>			
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm3)	<b>1.652</b>	
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm3)	1.603	
C.- PESO ESPESIFICO APARENTE	(g/cm3)	1.642	
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	<b>17</b>	

*Fuente: Elaboración Propia*

### Analisi Granulometrico

Tabla 8: Resultado del análisis granulométrico del agregado artificial (ladrillo triturado)

Malla	Peso	(%)	(%) Acum.	(%) Acum.	Especificaciones:	
Pulg.	(mm.)	Ret.	Ret.	Ret.	Que Pasa	
1/2"	12.7	0	0	0	100	100
3/8"	9.5	0	0	0	100	100
N° 04	4.75	22.3	2.4	2.4	97.6	95
N° 08	2.36	89.8	9.6	12.0	88.0	80
N° 16	1.18	149.9	16.1	28.1	71.9	50
N° 30	0.6	155.7	16.7	44.7	55.3	25
N° 50	0.3	410	43.9	88.6	11.4	10
N° 100	0.15	39.1	4.2	92.8	7.2	2
Fondo		67.1	7.2	100.0	0.0	
<b>Módulo de Fineza</b>			<b>2.686</b>			

Fuente: Elaboración Propia

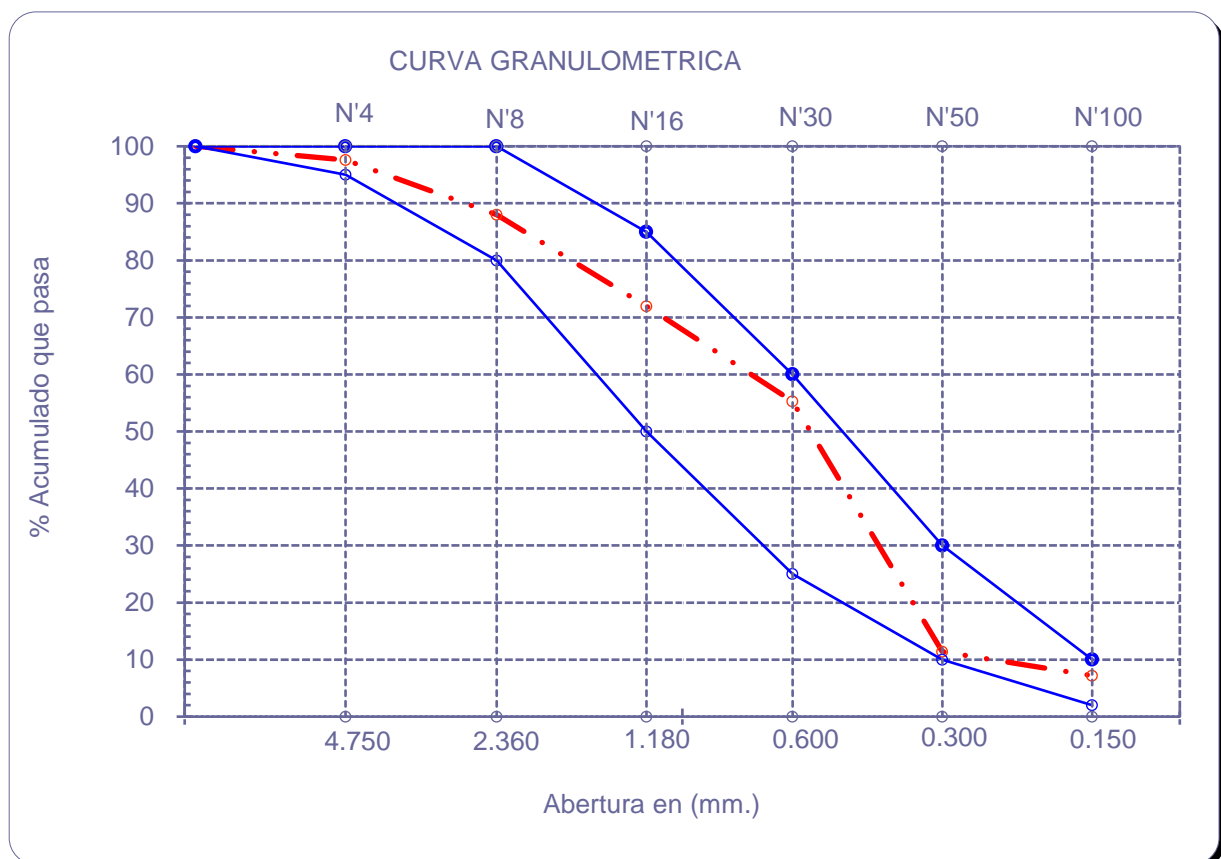


Imagen 13: Resultado de la curva granulométrica del agregado artificial (ladrillo triturado)

Fuente: Elaboración propia.

## Propiedades de los Agregados Naturales

### Analisi Granulometrico

Tabla 9: Resultado del análisis granulométrico del agregado natural (arena)

Malla	Peso	%	% Acumulado	% Acumulado
Pulg.	(mm.)	Retenido	Retenido	Que pasa
1/2"	12.7	0	0	100
3/8"	9.52	53.53	1.8	98.2
N° 004	4.75	225.24	7.6	90.6
N° 008	2.36	389.51	13.2	77.4
N° 016	1.18	533.39	18.0	59.4
N° 030	0.6	700	23.7	35.7
N° 050	0.3	475	16.1	80.4
N° 100	0.15	347	11.7	92.1
FONDO		233	7.9	100.0
<b>Módulo de fineza =</b>			<b>3.113</b>	

Fuente: Elaboración Propia

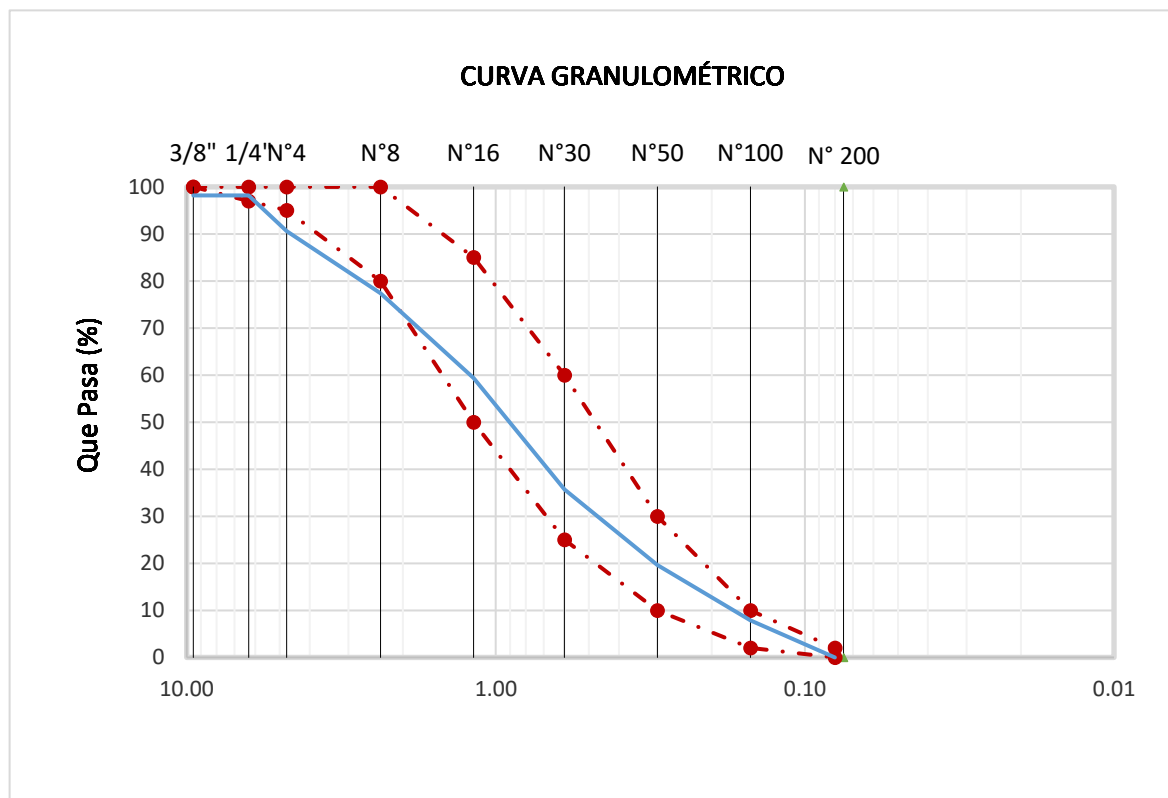


Imagen 14: Resultado de la curva granulométrica del agregado natural (arena)

Fuente: Elaboración propia.

***Peso específico y absorción del agregado fino.***

*Tabla 10: Resultado del peso específico del agregado natural (arena)*

<b><i>I.- Datos.</i></b>			
A.- Peso de la arena SSS+ W frasco + peso del H2O	(g)	976.55	976.55
B.- Peso de la arena SSS+ W frasco	(g)	670.0	670.0
C.- Peso del H2O	(g)	306.6	306.6
D.- Peso de la arena secada al horno + W frasco	(g)	664.3	664.3
E.- W frasco	(g)	170.0	170.0
E.- Peso de la arena secada al horno	(g)	494.4	494.4
F.- Volumen de la fiola	(cm <sup>3</sup> )	500.0	500.0
<b><i>II.- Resultados</i></b>			
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	2.556	2.556
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.585	2.585
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	1.129	1.129
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.137	1.137

*Fuente: Elaboración Propia*

***Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.***

*Tabla 11: Resultado del peso unitario suelto de la arena*

<b><i>PESO UNITARIO SUELTO</i></b>				
<b><i>Tipo de Muestra</i></b>		<b><i>A</i></b>	<b><i>B</i></b>	<b><i>C</i></b>
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	21.4	21.8	21.9
Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0	0.0
Peso de muestra	(gr.)	21.4	22.0	21.9
Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.0	0.0	0.0
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1.5	1.5	1.5
<b><i>Peso unitario suelto húmedo (Promedio)</i></b>	<b><i>(kg/m<sup>3</sup>)</i></b>		<b><i>1.534</i></b>	
<b><i>Peso unitario suelto seco (Promedio)</i></b>	<b><i>(kg/m<sup>3</sup>)</i></b>		<b><i>1.520</i></b>	

*Fuente: Elaboración Propia*

*Tabla 12: Resultado del peso unitario compactado de la arena*

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>				
<b>Tipo de Muestra</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	25.2	25.5	25.3
Peso del recipiente	(gr.)	0.0	0.0	0.0
Peso de muestra	(gr.)	25.2	25.0	25.3
Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.0	0.0	0.0
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1.8	1.8	1.8
<b>Peso unitario compactado húmedo (Promedio)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1.791</b>	
<b>Peso unitario seco compactado (Promedio)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1.775</b>	

*Fuente: Elaboración Propia*

### ***Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregado por secado***

*Tabla 13: Resultado del contenido de humedad de la arena*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
Peso de muestra húmeda	(gr.)	5201.0	4208.0
Peso de muestra seca	(gr.)	5156.0	4176.0
Peso de recipiente	(gr.)	383.0	379.0
Contenido de humedad	(%)	0.9	0.8
<b>Contenido de humedad (promedio)</b>	<b>(%)</b>		<b>0.89</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

**Agregafo Grueso****Granulometria***Tabla 14: Resultado del análisis granulométrico del agregado grueso*

<b>Malla</b>		<b>Peso</b>	<b>%</b>	<b>% Acumulado</b>	<b>% Acumulado</b>
<b>Pulg.</b>	<b>(mm.)</b>	<b>Retenido</b>	<b>Retenido</b>	<b>Retenido</b>	<b>Que pasa</b>
2"	50	0	0	0	100
1 1/2"	38	0	0	0	100
1"	25	57	0.6	0.6	99.4
3/4"	19	2028	23.0	23.7	76.3
1/2"	12.7	5579	63.3	87.0	13.0
3/8"	9.52	962	10.9	97.9	2.1
Nº 004	4.75	175	2	99.9	0.1
FONDO		8	0.1	100	0
<b>Tamaño Máximo =</b>				<b>1"</b>	
<b>Tamaño Máximo Nominal =</b>				<b>3/4"</b>	

*Fuente: Elaboración Propia*

***Peso específico y absorción del agregado grueso***

*Tabla 15: Resultado del peso específico y porcentaje de absorción del agregado grueso*

<b><i>I.- Datos.</i></b>			
Peso de la muestra secada al horno		1385	1381
Peso de la muestra saturada superficialmente seca		1400	1400
Peso de la muestra saturada dentro del agua + peso de la canastilla		1903	1903
Peso de la canastilla		1022	1022
Peso de la muestra saturada dentro del agua		881	881
<b><i>II.- Resultados</i></b>			
A.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(g/cm <sup>3</sup> )	2.669	2.661
B.- PESO ESP. DE MASA SAT. SUP. SECO	(g/cm <sup>3</sup> )	2.697	2.697
C.- PESO ESPECIFICO APARENTE	(g/cm <sup>3</sup> )	2.748	2.762
D.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	(%)	1.08	1.38

*Fuente: Elaboración Propia*

***Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad (“Peso Unitario”) y los vacíos en los agregados.***

*Tabla 16: Resultado del peso unitario suelto del agregado grueso*

<b><i>PESO UNITARIO SUELTO</i></b>				
<b><i>Tipo de Muestra</i></b>		<b><i>A</i></b>	<b><i>B</i></b>	<b><i>C</i></b>
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	29.1	29.0	29.2
Peso del recipiente	(gr.)	8.4	8.4	8.4
Peso de muestra	(gr.)	20.8	21.0	20.8
Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.0	0.0	0.0
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1.5	1.5	1.5
<b><i>Peso unitario suelto húmedo (Promedio)</i></b>	<b><i>(kg/m<sup>3</sup>)</i></b>		<b><i>1.466</i></b>	
<b><i>Peso unitario suelto seco (Promedio)</i></b>	<b><i>(kg/m<sup>3</sup>)</i></b>		<b><i>1.460</i></b>	

*Fuente: Elaboración Propia*

*Tabla 17: Resultado del peso unitario compactado del agregado grueso*

<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b>				
<b>Tipo de Muestra</b>		<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
Peso de la muestra suelta + recipiente	(gr.)	29.4	29.9	29.8
Peso del recipiente	(gr.)	8.4	8.4	8.4
Peso de muestra	(gr.)	21.1	22.0	21.4
Volumen	(m <sup>3</sup> )	0.0	0.0	0.0
Peso unitario suelto húmedo	(kg/m <sup>3</sup> )	1.5	1.5	1.5
<b>Peso unitario compactado húmedo (Promedio)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1.508</b>	
<b>Peso unitario seco compactado (Promedio)</b>	<b>(kg/m<sup>3</sup>)</b>		<b>1.503</b>	

*Fuente: Elaboración Propia*

### ***Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregado por secado***

*Tabla 18: Resultado del contenido de humedad del agregado grueso*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
Peso de muestra húmeda	(gr.)	4553.0	5540.0
Peso de muestra seca	(gr.)	4539.0	5520.0
Peso de recipiente	(gr.)	390.0	227.0
Contenido de humedad	(%)	0.3	0.4
<b>Contenido de humedad (promedio)</b>	<b>%</b>		<b>0.36</b>

*Fuente: Elaboración Propia*

### *Diseño de Mezcla*

Uno de los objetivos específicos es elaborar un diseño de mezcla empleando el método de comité ACI 211. Por consiguiente, se emplearán los datos que se han obtenido mediante los ensayos realizado tanto para el agregado fino y grueso que con fundamentales para el diseño de mezcla:

*Tabla 19: Cuadro resumen de las propiedades físicas del agregado fino*

<b>RESUMEN DEL AGREGADO FINO</b>	
Peso unitario suelto	1.520 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1.775 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2.556 gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa SSS	2.585 gr/cm <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción	1.14%
Contenido de humedad	0.89%
Módulo de fineza	3.11

*Fuente: Elaboración Propia*

*Tabla 20: cuadro resumen de las propiedades físicas del agregado grueso*

<b>RESUMEN DEL AGREGADO GRUESO</b>	
Tamaño máximo	1"
Tamaño máximo nominal	3/4"
Peso unitario suelto	1.460 kg/m <sup>3</sup>
Peso unitario compactado	1.775 kg/m <sup>3</sup>
Peso específico de masa	2.669 gr/cm <sup>3</sup>
Peso específico de masa SSS	2.697 gr/cm <sup>3</sup>
Porcentaje de absorción	1.08%
Contenido de humedad	0.36%

*Fuente: Elaboración Propia*

En acto seguido se realizó el diseño de mezcla por el método ACI – 211, se siguió los pasos que indica este método para así obtener un diseño de mezcla para una resistencia requerida, una vez obtenido la tanda en campo se procedió a corregir el slump y peso unitario fresco del concreto, luego se procedió a obtener la tanda final para elaborar los testigos; cabe resaltar que se meditó el 5% para desperdicio.

A continuación, se detalla la hoja de cálculo que se llevó a cabo para realizar el diseño de mezcla por el método ACI 211:

## LEMS W&amp;C

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYO DE MATERIALES - Pimentel

**ENSAYO** : DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO (Sin aire incorporado)

**REFERENCIA** : RECOMENDACIÓN **ACI 211**

Solicitante ZAMORA DIAZ ISAMARY INES

**DISEÑO DE RESISTENCIA**

$$F_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$$

I.) Datos del agregado grueso : Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pacherras

01.- Tamaño máximo nominal	3/4" pulg.
02.- Peso específico seco de masa	2665 Kg/m <sup>3</sup>
03.- Peso Unitario compactado seco	1503 Kg/m <sup>3</sup>
04.- Peso Unitario suelto seco	1460 Kg/m <sup>3</sup>
05.- Contenido de humedad	0.4%
06.- Contenido de absorción	1.2%

II.) Datos del agregado fino : Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

07.- Peso específico seco de masa	2556 Kg/m <sup>3</sup>
08.- Peso unitario seco suelto	1520 Kg/m <sup>3</sup>
09.- Contenido de humedad	2.4%
10.- Contenido de absorción	1.1%
11.- Módulo de fineza (adimensional)	3.113

III.) Datos de la mezcla y otros

12.- Resistencia especificada a los 28 días	$F'_{cr}$	245.0 Kg/cm <sup>2</sup>
13.- Relación agua cemento	$R_{a/c}$	0.610
14.- Asentamiento		4 Pulg.
15.- Volumen unitario del agua : Potable de la zona.	205	205 L/m <sup>3</sup>
16.- Contenido de aire atrapado	0	2.0%
17.- Volumen del agregado grueso		0.589 m <sup>3</sup>
18.- Peso específico del cemento : Tipo I - QHUNA.		2968 Kg/m <sup>3</sup>
19.- Aditivo Sin Aditivo		0.000%
20.- Densidad aparente del aditivo : Sika 1		1.000 g/cm <sup>3</sup>

IV.) Cálculo de volúmenes absolutos, corrección por humedad y aporte de agua

a.- Cemento	336	0.113			
b.- Agua	205	0.205			
c.- Aire	2.0	0.020	Corrección por humedad	Agua Efectiva	
d.- Arena	843	0.330	49	863	-11.2
e.- Grava	885	0.332	51	888	7.7
	2271	1.000			-3

V.) Resultado final de diseño (húmedo)

CEMENTO	336	Kg/m <sup>3</sup>
AGUA	202	L/m <sup>3</sup>
ARENA	863	Kg/m <sup>3</sup>
PIEDRA	888	Kg/m <sup>3</sup>
Sin Aditivo	0.000	L/m <sup>3</sup>
	2289	

VI.) Tarda de ensayo **0.0250 m<sup>3</sup>**

8.402 kg	F' cemento (en bolsas)	7.9
5.040 L	$R_{a/c}$ de diseño	0.610
21.582 kg	$R_{a/c}$ de obra	0.600
22.200 kg	Aditivo en Kg/m <sup>3</sup>	0.000
0.000 L		
57.223		

VII.) Dosificación en volumen (materiales con humedad natural)

En bolsa de 1 pie <sup>3</sup> P	1.0	2.57	2.64	25.5	0.000	Lts/pie <sup>3</sup>
En bolsa de 1 pie <sup>3</sup> V	1.0	2.54	2.72	25.5	0.000	Lts/pie <sup>3</sup>

**Slum**

Tabla 21: Asentamiento del concreto en estado fresco

Diseño	Diseño		Asentamiento		
	F'c	Fecha de vaciado	Diseño (pulg)	Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
PT	175.0	3/5/2022	4"	3.9	9.4
LT - 10%	175.0	3/5/2022	4"	3.6	9.7
LT - 20%	175.0	3/5/2022	4"	3.5	8.7
LT - 30%	175.0	3/5/2022	4"	3.3	8.5

Fuente: Elaboración Propia

**Peso Unitario del Concreto**

Tabla 22: Peso unitario del concreto en estado fresco

Muestra	Diseño		Peso Unitario				
	Nº	F'c	Fecha de vaciado	Masa Concreto + Masa del Recipiente (kg)	Masa Recipiente (kg)	Volumen del Recipiente (m3)	Densidad (kg/m3)
PT		175.0	2/5/2022	18.678	2.415	0.007	2329.943
LT - 10%		175.0	29/5/2022	18.551	2.415	0.007	2311.748
LT - 20%		175.0	29/5/2022	18.542	2.415	0.007	2310.458
LT - 30%		175.0	29/5/2022	18.540	2.415	0.007	2310.172

Fuente: Elaboración Propia

**Contenido de vacíos**

Tabla 23: Contenido de vacíos atrapados del concreto en estado fresco

Diseño	Diseño		Contenido de aire - Método por presión (%)		
	F'c	Fecha de vaciado	Hora del ensayo (Hr)	Tipo de medidor	Contenido de aire (%)
PT	175.0	3/5/2022	12:52 p.m	Medido "B"	1.3
LT - 10%	175.0	3/5/2022	01:47 p.m	Medido "B"	1.6
LT - 20%	175.0	3/5/2022	02:44 p.m	Medido "B"	1.7
LT - 30%	175.0	3/5/2022	03:32 p.m	Medido "B"	1.6

Fuente: Elaboración Propia

### Ensayo de Compresion del Concreto

Para fin de esta investigación se hizo el ensayo en la prensa hidráulica a las probetas a las edades de 7, 14 y 28 días.

Tabla 24: Cuadro de resistencia a edad de 7, 14 y 28 días – concreto patrón

DISEÑO PATRÓN (DM-01) : para un diseño 175kg/cm2											
Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Promedio de Resistencia	
										Kg/cm2	(%)
01	Testigo 1	175	3/5/2022	10/5/2022	7	31067	15.27	183	170	174	100
02	Testigo 2	175	3/5/2022	10/5/2022	7	32665	15.26	183	179		
03	Testigo 3	175	3/5/2022	10/5/2021	7	31866	15.26	183	174		
04	Testigo 4	175	3/5/2022	17/5/2022	14	35373	15.26	183	193	199	114
05	Testigo 5	175	3/5/2022	17/5/2022	14	38880	15.29	184	212		
06	Testigo 6	175	3/5/2022	17/5/2022	14	35268	15.26	183	193		
07	Testigo 7	175	3/5/2022	31/5/2022	28	35789	15.26	183	196	191	109
08	Testigo 8	175	3/5/2022	31/5/2022	28	34211	15.26	183	187		
09	Testigo 9	175	3/5/2022	31/5/2022	28	35000	15.25	183	192		

Fuente: Elaboración Propia

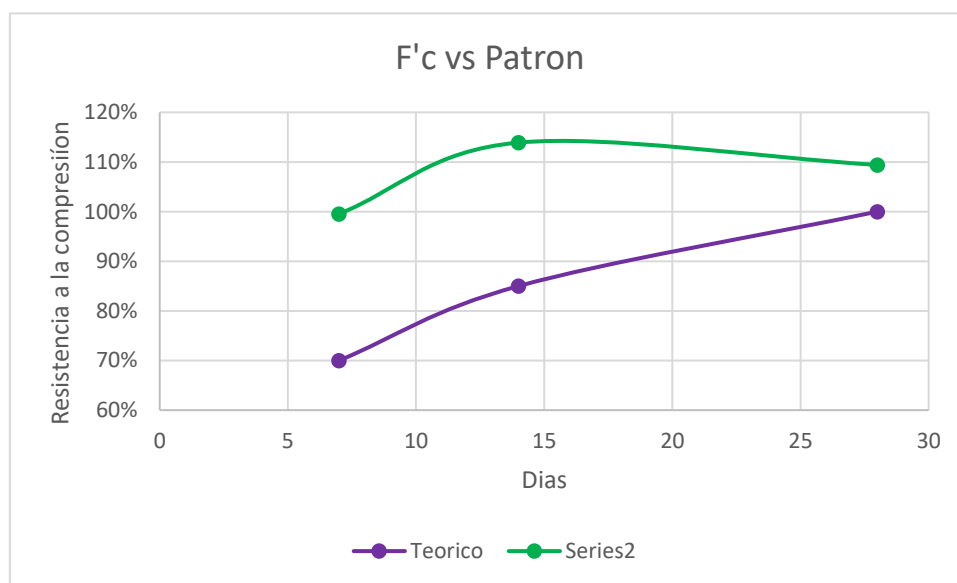


Imagen 15: Resultado de la resistencia concreto patrón vs f'c teórico.

Fuente Propia

Tabla 25: Cuadro de resistencia a edad de 7, 14 y 28 días – RE-10%

DISEÑO R -10% (DM-02) : para un diseño 175kg/cm <sup>2</sup>											
Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Premedio de Resistencia	
										Kg/cm <sup>2</sup>	%
01	Testigo 1	175	3/5/2022	10/5/2022	7	29241	15	183	160	163	93%
02	Testigo 2	175	3/5/2022	10/5/2022	7	29241	15	183	160		
03	Testigo 3	175	3/5/2022	10/5/2021	7	31273	15	183	171		
04	Testigo 4	175	3/5/2022	17/5/2022	14	34178	15	183	187	201	115%
05	Testigo 5	175	3/5/2022	17/5/2022	14	37419	15	184	203		
06	Testigo 6	175	3/5/2022	17/5/2022	14	39071	15	184	213		
07	Testigo 7	175	3/5/2022	31/5/2022	28	37432	15	183	205	199	114%
08	Testigo 8	175	3/5/2022	31/5/2022	28	34791	15	183	190		
09	Testigo 9	175	3/5/2022	31/5/2022	28	36754	15	183	201		

Fuente: Elaboración Propia

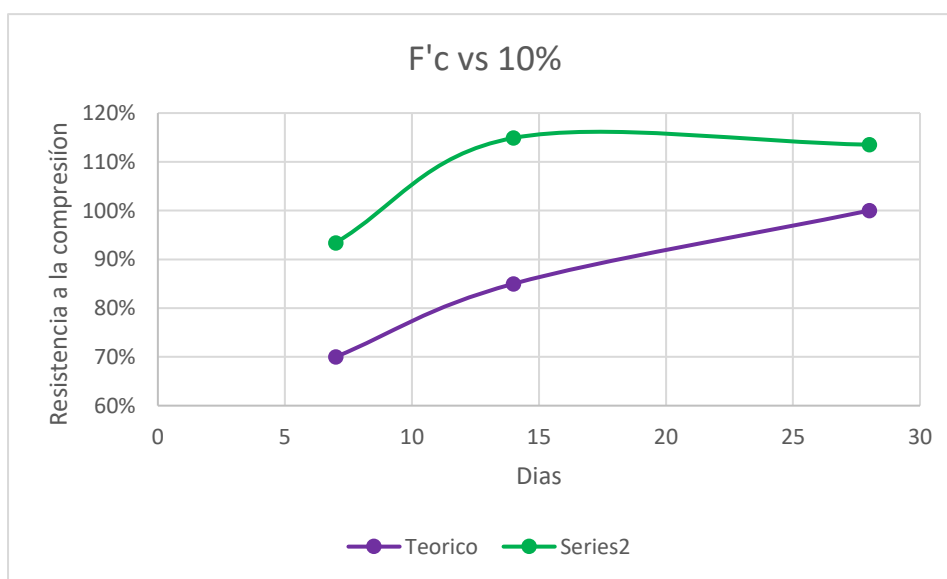


Imagen 16: Resultado de la resistencia LT – 10% vs f'c teórico.

Fuente Propia

Tabla 26: Cuadro de resistencia a edad de 7, 14 y 28 días – RE-20%

DISEÑO R -20% (DM-03) : para un diseño 175kg/cm2											
Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Premedio de Resistencia	
										Kg/cm2	(%)
01	Testigo 1	175	3/5/2022	10/5/2022	7	34790	15	183	190	193	110
02	Testigo 2	175	3/5/2022	10/5/2022	7	35141	15	183	192		
03	Testigo 3	175	3/5/2022	10/5/2021	7	35684	15	182	196		
04	Testigo 4	175	3/5/2022	17/5/2022	14	40888	15	183	223	227	130
05	Testigo 5	175	3/5/2022	17/5/2022	14	41834	15	185	226		
06	Testigo 6	175	3/5/2022	17/5/2022	14	42241	15	183	231		
07	Testigo 7	175	3/5/2022	31/5/2022	28	35502	15	183	194	195	111
08	Testigo 8	175	3/5/2022	31/5/2022	28	35831	15	183	196		
09	Testigo 9	175	3/5/2022	31/5/2022	28	35752	15	183	195		

Fuente: Elaboración Propia

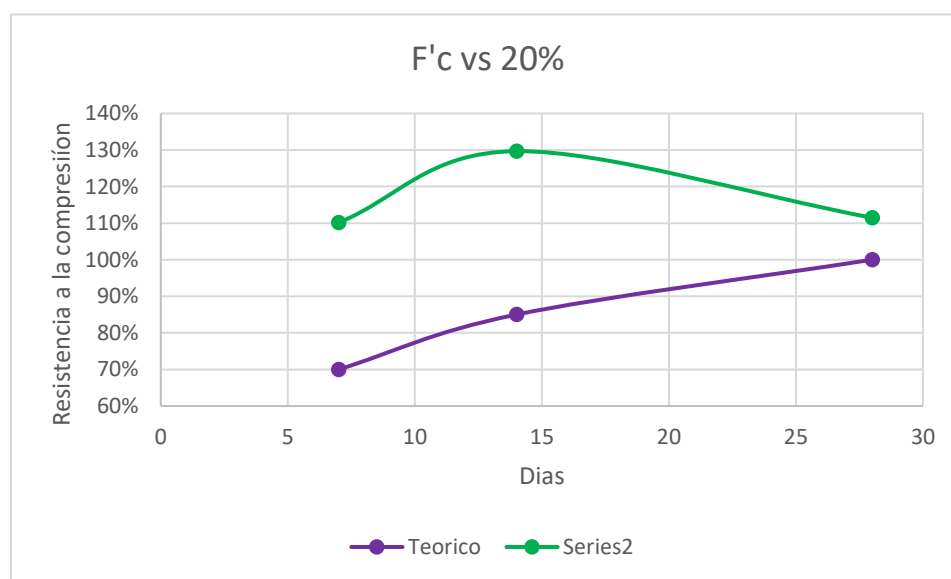


Imagen 17: Resultado de la resistencia LT – 20% vs f'c teórico.

Fuente Propia

Tabla 27: Cuadro de resistencia a edad de 7, 14 y 28 días – RE-30%

DISEÑO R -30% (DM-04) : para un diseño 175kg/cm2											
Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	Carga (Kgf)	Diámetro (Cm)	Área (cm <sup>2</sup> )	f'c (Kg/Cm <sup>2</sup> )	Promedio de Resistencia	
										Kg/cm2	(%)
01	Testigo 1	175	3/5/2022	10/5/2022	7	34741	15	181	192	198	113
02	Testigo 2	175	3/5/2022	10/5/2022	7	37127	15	184	201		
03	Testigo 3	175	3/5/2022	10/5/2021	7	36857	15	184	200		
04	Testigo 4	175	3/5/2022	17/5/2022	14	39206	15	184	213	209	119
05	Testigo 5	175	3/5/2022	17/5/2022	14	34842	15	184	189		
06	Testigo 6	175	3/5/2022	17/5/2022	14	41584	15	185	225		
07	Testigo 7	175	3/5/2022	31/5/2022	28	36405	15	183	199	196	112
08	Testigo 8	175	3/5/2022	31/5/2022	28	37024	15	183	202		
09	Testigo 9	175	3/5/2022	31/5/2022	28	34120	15	183	187		

Fuente: Elaboración Propia

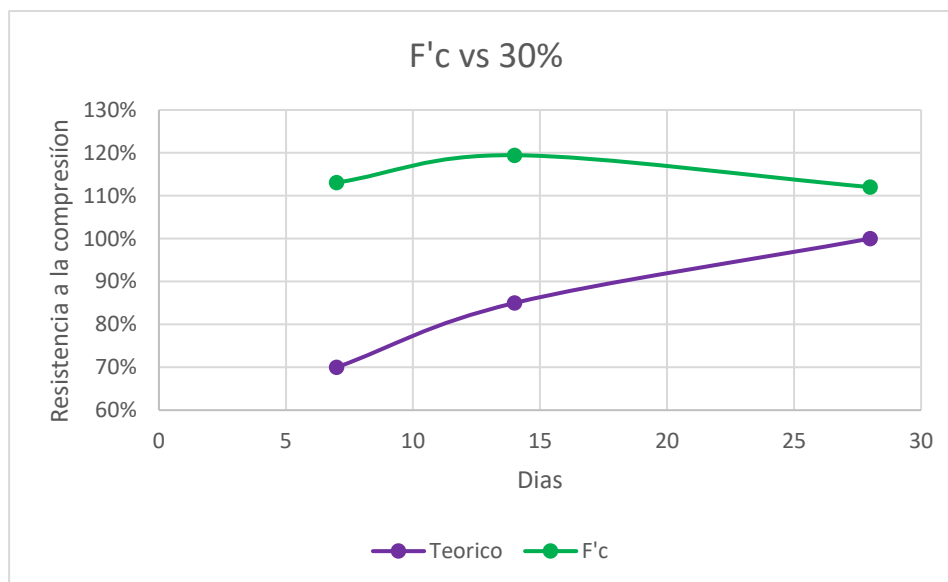


Imagen 18: Resultado de la resistencia LT – 30% vs f'c teórico.

Fuente Propia

**Ensayo de Durabilidad del Concreto**

Tabla 28: Lecturas tomadas de barras a 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas expuesta a solución sulfatada - CP

Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de lectura	Lectura de Longitud (mm)							
			Li	L - 1S	L - 2S	L - 3S	L - 4S	L - 8S	L - 13S	L - 15S
Li			2.034	2.031	2.035	2.038	2.038	2.036	2.034	2.033
P - 01	17/6/2022	23/6/2022	4.710	4.783	4.931	5.078	4.855	5.004	5.267	5.427
P - 02	17/6/2022	23/6/2022	3.400	3.417	3.439	3.460	3.467	3.533	3.764	3.838
P - 03	17/6/2022	23/6/2022	1.027	1.109	2.875	4.641	1.652	3.636	-	
P - 04	17/6/2022	23/6/2022	3.099	3.187	4.404	5.620	3.227	4.382	3.479	3.533
P - 05	17/6/2022	23/6/2022	3.861	3.870	4.660	5.449	4.007	4.524	4.465	4.634
Lf			2.034	2.043	2.041	2.038	2.035	2.034	2.034	2.033

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 29: Promedio de la variación de longitud de las barras – CP

Muestra	Variación de Longitud						
	S -01	S -02	S -03	S -04	S -08	S -13	S -15
P - 01	0.03%	0.09%	0.15%	0.06%	0.12%	0.22%	0.29%
P - 02	0.01%	0.02%	0.02%	0.03%	0.05%	0.15%	0.18%
P - 03	0.03%	0.74%	1.44%	0.25%	1.04%	-	-0.41%
P - 04	0.04%	0.52%	1.01%	0.05%	0.51%	0.15%	0.17%
P - 05	0.00%	0.32%	0.63%	0.06%	0.26%	0.24%	0.31%
<b>Promedio</b>	<b>0.023%</b>	<b>0.337%</b>	<b>0.650%</b>	<b>0.087%</b>	<b>0.398%</b>	<b>0.191%</b>	<b>0.107%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 30: Lecturas tomadas de barras a 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas expuesta a solución sulfatada LT 10%

Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de lectura	Lectura de Longitud (mm)							
			Li	L - 1S	L - 2S	L - 3S	L - 4S	L - 8S	L - 13S	L - 15S
Li			2.034	2.043	2.040	2.037	2.024	2.03	2.035	2.032
10% - 01	18/6/2022	23/6/2022	6.075	6.264	6.651	7.038	9.087	9.609	7.169	7.554
10% - 02	18/6/2022	23/6/2022	5.010	5.046	5.229	5.412	5.105	5.305	5.538	5.762
10% - 03	18/6/2022	23/6/2022	3.483	3.522	3.565	3.607	4.188	4.557	3.948	4.099
10% - 04	18/6/2022	23/6/2022	6.667	6.695	6.832	6.968	8.962	9.288	7.215	7.440
10% - 05	18/6/2022	23/6/2022	2.040	2.097	2.439	2.780	4.701	5.038	2.666	2.792
10% - 06	18/6/2022	23/6/2022	5.837	5.891	5.941	5.991	5.943	6.081	6.298	6.419
Lf			2.034	2.043	5.941	2.036	2.023	2.03	2.033	2.032

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 31: Promedio de la variación de longitud de las barras – LT 10%

Muestra	Variación de Longitud						
	S -01	S -02	S -03	S -04	S -08	S -13	S -15
10% - 01	0.07%	0.23%	0.38%	1.21%	1.42%	0.44%	0.59%
10% - 02	0.01%	0.09%	0.16%	0.04%	0.12%	0.21%	0.30%
10% - 03	0.01%	0.03%	0.05%	0.29%	0.43%	0.19%	0.25%
10% - 04	0.01%	0.06%	0.12%	0.92%	1.05%	0.22%	0.31%
10% - 05	0.02%	0.16%	0.29%	1.07%	1.20%	0.25%	0.30%
10% - 06	0.02%	0.04%	0.06%	0.05%	0.10%	0.18%	0.23%
<b>Promedio</b>	<b>0.023%</b>	<b>0.101%</b>	<b>0.178%</b>	<b>0.596%</b>	<b>0.719%</b>	<b>0.248%</b>	<b>0.331%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 32: Lecturas tomadas de barras a 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas expuesta a solución sulfatada LT 20%

Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de lectura	Lectura de Longitud (mm)							
			Li	L - 1S	L - 2S	L - 3S	L - 4S	L - 8S	L - 13S	L - 15S
Li			2.037	2.032	2.034	2.035	2.028	2.031	2.035	2.032
20% - 01	19/6/2022	23/6/2022	5.646	5.640	5.971	6.302	7.775	9.511	6.027	6.217
20% - 02	19/6/2022	23/6/2022	6.745	6.791	7.261	7.731	9.323	10.138	7.331	7.483
20% - 03	19/6/2022	23/6/2022	5.390	5.437	5.896	6.355	7.851	8.920	5.932	6.082
20% - 04	19/6/2022	23/6/2022	8.122	8.113	8.107	8.100	8.811	9.854	8.335	8.539
20% - 05	19/6/2022	23/6/2022	3.370	3.395	3.862	4.328	5.613	6.502	3.749	3.876
20% - 06	19/6/2022	23/6/2022	7.266	7.299	7.307	7.315	8.270	9.001	7.668	7.817
Lf			2.034	2.031	2.037	2.035	2.025	2.031	2.033	2.032

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33: Promedio de la variación de longitud de las barras – LT 20%

Muestra	Variación de Longitud						
	S -01	S -02	S -03	S -04	S -08	S -13	S -15
20% - 01	0.00%	0.13%	0.26%	0.86%	1.55%	0.15%	0.23%
20% - 02	0.02%	0.21%	0.40%	1.03%	1.36%	0.24%	0.30%
20% - 03	0.02%	0.20%	0.39%	0.99%	1.41%	0.22%	0.28%
20% - 04	0.00%	0.00%	-0.01%	0.28%	0.70%	0.09%	0.17%
20% - 05	0.01%	0.20%	0.38%	0.90%	1.26%	0.15%	0.20%
20% - 06	0.02%	0.02%	0.02%	0.41%	0.70%	0.16%	0.22%
<b>Promedio</b>	<b>0.011%</b>	<b>0.126%</b>	<b>0.240%</b>	<b>0.744%</b>	<b>1.162%</b>	<b>0.168%</b>	<b>0.234%</b>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 34: Lecturas tomadas de barras a 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15 semanas expuesta a solución sulfatada LT 30%

Muestra	Fecha de vaciado	Fecha de lectura	Lectura de Longitud (mm)							
			Li	L - 1S	L - 2S	L - 3S	L - 4S	L - 8S	L - 13S	L - 15S
Li			2.037	2.031	2.033	2.035	2.023	2.031	2.035	2.032
30% - 01	20/6/2022	23/6/2022	4.098	4.157	4.203	4.248	4.212	5.423	4.692	4.768
30% - 02	20/6/2022	23/6/2022	6.498	6.535	7.114	7.692	7.071	9.474	6.999	7.133
30% - 03	20/6/2022	23/6/2022	8.828	8.874	8.894	8.914	8.875	8.923		
30% - 04	20/6/2022	23/6/2022	3.752	3.782	3.812	3.842	4.337	4.709	3.953	3.977
30% - 05	20/6/2022	23/6/2022	5.154	5.459	6.189	6.918	8.070	8.531	5.592	5.862
30% - 06	20/6/2022	23/6/2022	4.117	4.188	4.234	4.280	4.286	5.018	4.691	4.803
Lf			2.034	2.03	4.234	2.035	2.023	2.029	2.033	2.032

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35: Promedio de la variación de longitud de las barras – LT 30%

Muestra	Variación de Longitud						
	S -01	S -02	S -03	S -04	S -08	S -13	S -15
30% - 01	0.03%	0.04%	0.06%	0.05%	0.53%	0.24%	0.27%
30% - 02	0.02%	0.25%	0.48%	0.23%	1.19%	0.20%	0.26%
30% - 03	0.02%	0.03%	0.04%	0.02%	0.04%		
30% - 04	0.01%	0.03%	0.04%	0.24%	0.39%	0.08%	0.09%
30% - 05	0.12%	0.42%	0.71%	1.17%	1.35%	0.18%	0.29%
30% - 06	0.03%	0.05%	0.07%	0.07%	0.36%	0.23%	0.28%
<b>Promedio</b>	<b>0.039%</b>	<b>0.135%</b>	<b>0.231%</b>	<b>0.299%</b>	<b>0.644%</b>	<b>0.185%</b>	<b>0.236%</b>

Fuente: Elaboración Propia

## **Discusión**

En primer lugar, en esta sección se presenta el análisis de los resultados obtenidos en los ensayos las propiedades físicas de los agregados naturales y ladrillo triturado.

En segundo lugar, se procedió a realizar el diseño de mezcla para el concreto convencional, el cual servirá de base para los diseños con un % de reemplazo de 10, 20, 30 de ladrillo triturado proveniente de RCD.

Tercer lugar, se elaboró probetas para el diseño convencional y los reemplazos. De este modo se procedió al curado por un periodo de 7,14,28 días, una vez pasado cada tiempo de curado se ensayó los especímenes cilíndricos a la desasistencia de compresión. En seguida de determino el diseño óptimo de reemplazo de ladrillo triturado por agregado fino.

Por otro lado, se elaboró barras de mortero para evaluar la durabilidad del concreto por medio de soluciones sulfatas, para el concreto convencional como para los reemplazos de 10, 20, 30% respectivamente.

Por último, se realizaron comparaciones con otras investigaciones las propiedades físicas de los agregados como también resistencia a la compresión y durabilidad del concreto donde utilizan el agregado reciclado para la elaboración de este.

### ***Propiedades del Agregado Naturasl Vs Agregado Artificial (Ladrillo Triturado)***

#### ***Analisis Granulometrico***

Ahora bien, el agregado fino natural es procedente de la cantera “La Victoria”, que está ubicada en el distrito de Pátapo, ya en laboratorio se realizó el ensayo de granulometría de acuerdo con la NTP 400.012, la cual especifica que para determinar el MF. del agregado se deberá calcular con los valores tomados de las mallas N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 la sumatoria de estos tamices dividido entre 100. Asimismo, teniendo en cuenta la NTP 400.037 donde menciona que el agregado no deberá retener más del 45% en dos tamices consecutivos, además el módulo de fineza estará dentro de los límites de 2.35 y 3.15, con una variación de más o menos de los parámetros ya antes mencionados [32]. Teniendo en cuenta a lo mencionado, en la presente investigación se obtuvo que el módulo de fineza (MF) que es de 3.11 por

consiguiente se puede decir que es una arena muy gruesa y su curva granulométrica que a dentro de los límites que establece la norma NTP 400.037.

En cuanto al agregado artificial a base de ladrillo triturado, de la misma manera se realizó la granulometría, en la cual se obtuvo como MF de 2.68 contrastando con los parámetros que establece la NTP 400.037 está dentro lo que se puede concluir que es un agregado artificial óptimo a ser empleado, la granulometría está dentro de los usos que también lo establece la NTP 400.037.

El agregado grueso es procedente de la cantera “Pacherres” ubicada en el distrito de Zaña, también se realizó el ensayo de granulometría de la cual se obtuvo como resultado que el tamaño máximo nominal es de  $\frac{3}{4}$ ". En base a la NTP 400.037 especifica los usos a emplearse y del cual se puede decir que se encuentra dentro de los límites ya establecidos.

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

La humedad de los agregados es un aspecto importante junto con el % de absorción durante el diseño de mezcla. Para esta investigación el agregado fino natural tuvo una humedad de 0.89%. Por otra parte, el agregado grueso obtuvo 0.36%.

#### ***Peso específico y absorción del agregado fino***

El siguiente punto es el peso específico del agregado fino la cual se obtuvo un valor de 2556 kg/m<sup>3</sup>, con porcentaje absorción de 1.14, lo cual origina un incremento de agua para la mezcla además una corrección por humedad. Se puede decir que cuando el % de humedad es menor al % de absorción, este requiere más agua de la mezcla para estar en condición óptima, para ello se debe aumentar el agua de la mezcla para no cambiar la relación a/c.

Tabla 36: Comparación entre los pesos específicos y % de absorción del ladrillo triturado

<i>Muestra</i>	<i>Peso específico</i>	<i>Absorción</i>
	<i>Kg/cm<sup>3</sup></i>	<i>%</i>
Agregado Fino Natural	2,556.00	1.400
Agregado Grueso Natural	2669.00	1.083
Agregado artificial - Ladrillo Triturado	2,306.00	2.00

*Fuente: Elaboración Propia*

Se puede concluir que el porcentaje de absorción del ladrillo Triturado el % de absorción es mayor que de los agregados naturales, por ende, a medida que se incrementó el porcentaje de reemplazo fue reduciendo la trabajabilidad del concreto.

Por otro lado, investigaciones como Catillo y Hernández, Masías, que realizan a los agregados naturales.

Tabla 37: Comparación entre % de absorción y contenido de humedad del agregado fino

<i>Investigador</i>	<i>Muestra</i>	<i>Peso específico</i>	<i>Absorción</i>	<i>Humedad</i>
		<i>Kg/cm<sup>3</sup></i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Castillo y Hernández	Agr. Fino	2650.067	0.643	1.309
Masías	Agr. Fino	2600.00	1.12	0.56

*Fuente: Elaboración Propia*

Tabla 38: Comparación entre % de absorción y contenido de humedad del agregado grueso

<i>Investigador</i>	<i>Muestra</i>	<i>Peso específico</i>	<i>Absorción</i>	<i>Humedad</i>
		<i>Kg/cm<sup>3</sup></i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Castillo y Hernández	Agr. Grueso	2566.27	1.16	0.331
Masías	Agr. Grueso	2720.00	0.87	0.27

*Fuente: Elaboración Propia*

Se puede observar en la tabla N°39 qué investigación realizada por Castillo y Hernández, el cual determina el peso específico y % de absorción del ladrillo de arcilla, la cual obtiene como resultado.

*Tabla 39: Comparación entre % de absorción y contenido de humedad del ladrillo*

<i>Investigador</i>	<i>Muestra</i>	<i>Peso específico</i>	<i>Absorción</i>
		<i>Kg/cm<sup>3</sup></i>	<i>%</i>
Castillo y Hernández	Polvo de Ladrillo	1610.59	20.89
Masías	Ladrillo Triturado – Agr. Grueso	1590.00	17.7

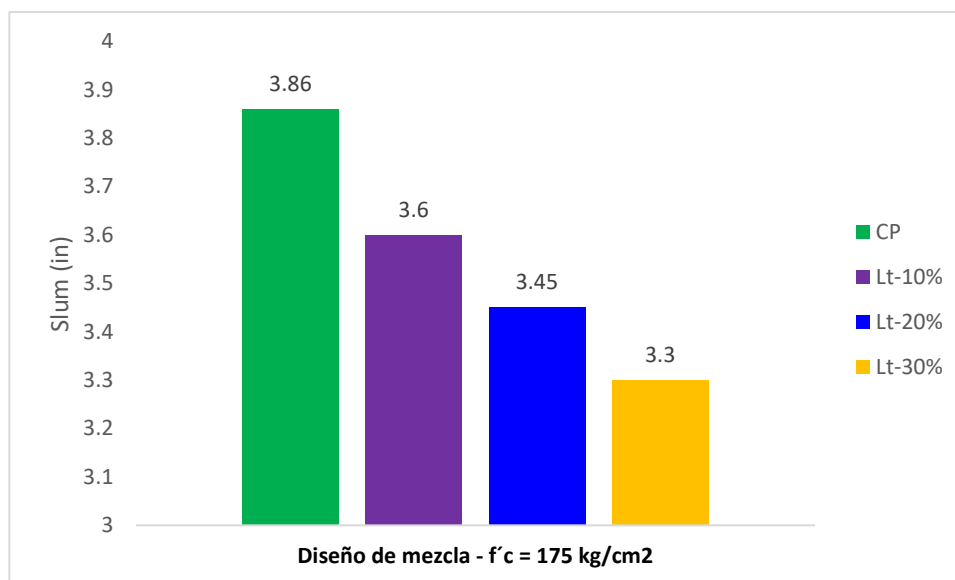
En relación de los resultados obtenido por los investigadores, se decir con respecto a los agregados naturales que la variación de resultados se debe a la procedencia de la muestra ya que Castillo y Hernández el lugar de estudió de su investigación fue cañete y de Masías fue Piura. En síntesis, se puede concluir que el principal aspecto que influye en la variación de las propiedades físicas se debe a la procedencia y lugar de los agregados naturales

En cuanto al ladrillo ya sea triturado o en polvo también varia sus propiedades de peso específico y % de absorción con respecto a las investigaciones realizadas, lo cual también depende de la procedencia de la materia prima para la fabricación del ladrillo como también al proceso de elaboración de este.

## *Influencia del reemplazo porcentual de agregado fino por agregado artificial (Ladrillo Triturado)*

### *Slump*

En cuanto a este ensayo por medio de la medición del asentamiento se deduce la trabajabilidad y consistencia que tiene el concreto en estado fresco. Para ello se realizó el slump para el ladrillo triturado en condiciones secas, de cual se puede observar que a medida que se va incrementando el % de reemplazo el asentamiento de la mezcla disminuye hasta 0.94 cm. Esta investigación diseño un concreto con un asentamiento de 3 – 4 pulgadas, de la cual se puede apreciar que el asentamiento a un reemplazo 30% es de 3.3 pulg la cual se mantiene dentro del rango para ello se realizó el diseño de mezcla.

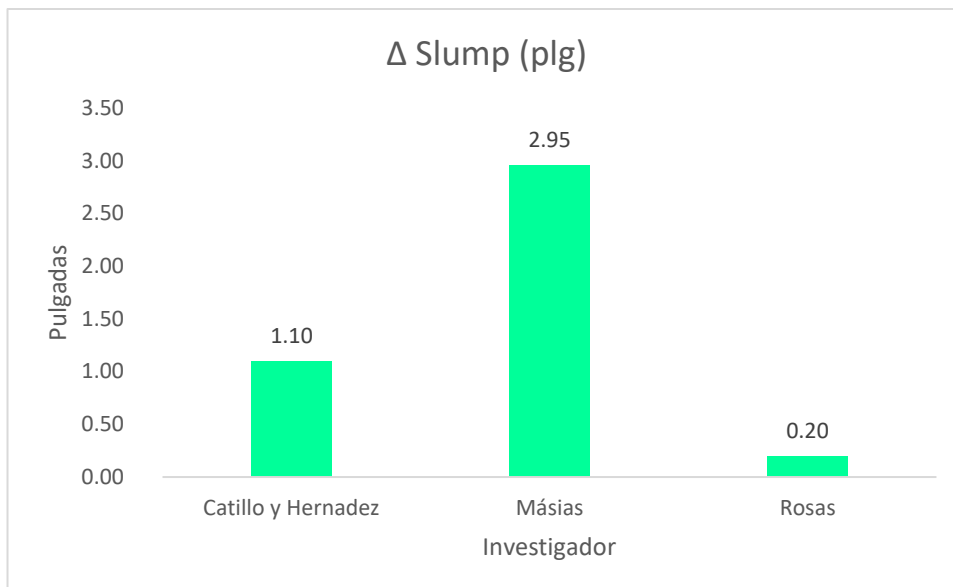


*Imagen 19: Gráfica del asentamiento para c/d diseño.*

*Fuente Propia*

Por otro lado, el asentamiento define la consistencia trabajabilidad del concreto, es por ello que se observó que a medida que se iba incrementado el % de reemplazo la mezcla va perdiendo trabajabilidad volviéndose más densa. Teniendo en cuenta que el reemplazo se realizó en condiciones secas del ladrillo industrial, además que el % de absorción es mayor a diferencia de los agregados naturales, por ende, el ladrillo va a absorber más agua y afecta a la fluidez y consistencia de la mezcla.

Las investigaciones realizadas por Masías; Castillo y Hernández; y Rosas, el asentamiento de sus muestras tuvieron una variación que se muestra en la siguiente imagen, cabe resaltar que Castillo y Hernández su diseño es para un Slump de 6 a 8 plg.



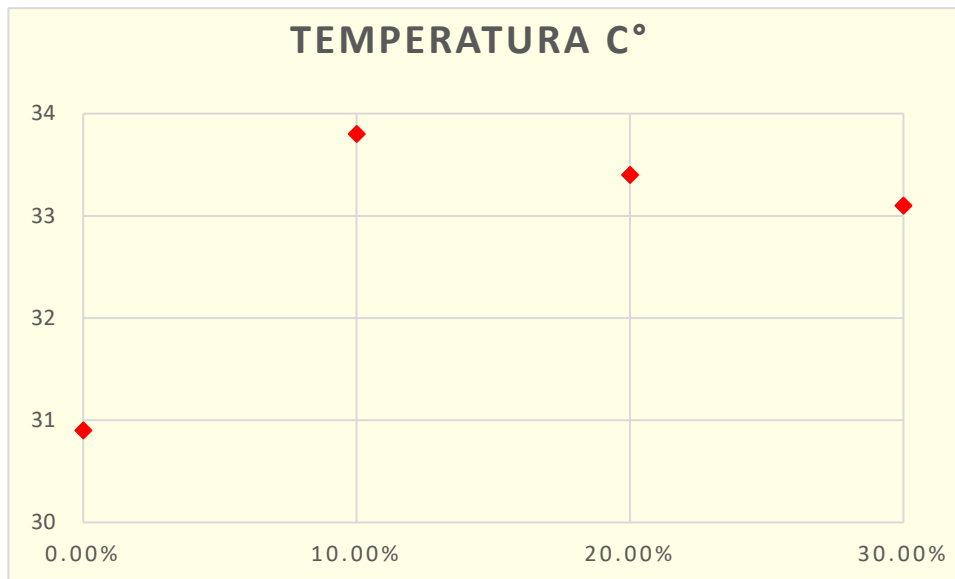
*Imagen 20: Comparación de la variación del asentamiento de distintos investigadores.*

Fuente: Elaboración propia

La variación del asentamiento de acuerdo a los investigadores puede atribuirse a su forma y porcentaje de absorción del ladrillo triturado con respecto a los agregados naturales, de este modo la mezcla va perdiendo fluidez y manipulación a medida que se va incorporando este agregado.

### ***Temperatura***

Para el concreto convencional y para los diseños con reemplazo se tomó lectura de la temperatura como se muestra en la imagen N° 18, algunos autores dicen que la temperatura máxima del concreto en estado plástico es de 32°C o 35°C, por lo cual la temperatura se encuentra dentro del rango.

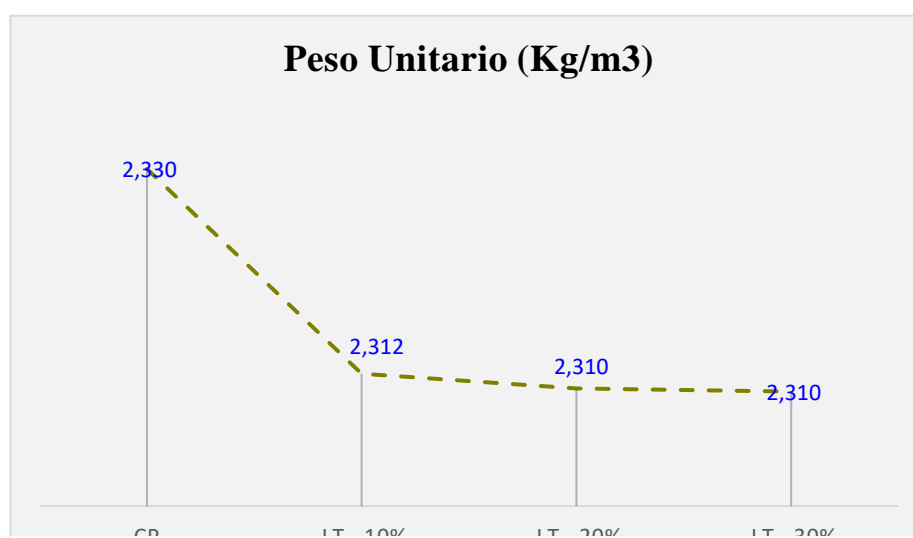


*Imagen 21: Resultado de la temperatura para cada diseño realizado.*

*Fuente propia*

### ***Peso Unitario en del concreto en estado fresco***

El peso unitario del concreto fresco se puede observar que al reemplazar arena por ladrillo triturado el peso unitario del concreto disminuye respecto al patrón. Eso quiere decir que el concreto a medida que incrementa el % de reemplazo es más ligero. La variación de peso unitario con respecto al 30% es de 20kg/m<sup>3</sup> menor con referencia al concreto patrón, dado que el reemplazo fue en peso y no en volumen de la mezcla. Ver imagen N°19



*Imagen 22: Variación del peso unitario del concreto a medida que se aumenta el % de reemplazo.*

*Fuente propia*

En comparación de a otras investigaciones se obtuvieron resultados de:

*Tabla 40: comparación entre la variación del peso unitario del concreto en estado fresco*

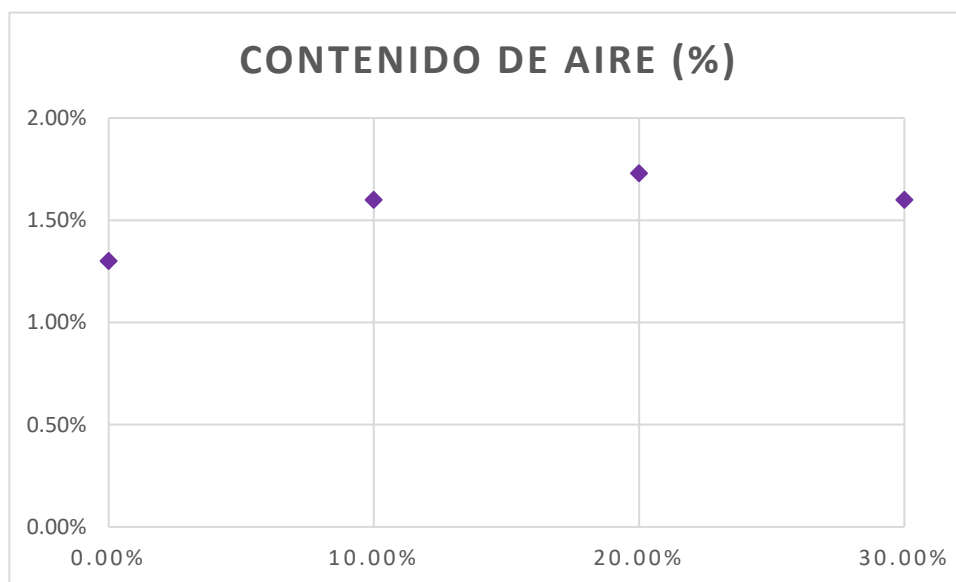
<i>Investigador</i>	<i>Δ Peso unitario</i>	<i>Reemplazo</i>
	<i>Kg/cm<sup>3</sup></i>	<i>%</i>
Masías	141.4	20
Rosas	304	50

*Fuente: Elaboración Propia*

En comparación de estas investigaciones la variación de peso unitario en la presente investigación es menor, esto puede ser a que el material que se reemplaza es distinto ya que en las investigaciones de Masías y Rosas reemplazan el ladrillo triturado en el agregado grueso, debido a que el ladrillo triturado ocupa menor peso unitario en el concreto y tiene un mayor volumen a diferencia que en esta investigación se reemplaza por la arena y este agregado sus partículas tiene un menor volumen.

### *Contenido de aire*

En la siguiente imagen se muestra los resultados obtenidos de contenido de aire medido en el concreto fresco.



*Imagen 23: Resultado del contenido de aire para cada diseño realizado.*

*Fuente propia*

Se puede observar que a medida que se incrementa el % de reemplazo el contenido de aire incrementa con respecto al concreto convencional. Esto se puede deber a su porosidad del

ladrillo. También se puede relacionar que P.U. del concreto disminuye debido a que el aire atrapado aumenta.

En cuanto a las investigaciones de Masías y Rosas, también se muestra el mismo comportamiento de acuerdo a estos autores es debido a la forma del ladrillo triturado y al tener menor pasta para cubrir la superficie se genera mayor vacío que no puede ser llenado por la mezcla.

### ***Ensayo a compresión***

En cuanto a la resistencia a la compresión de concreto se realizó a los 7, 14 y 28 días respectivamente. Los valores obtenidos se pueden observar en la siguiente manera:

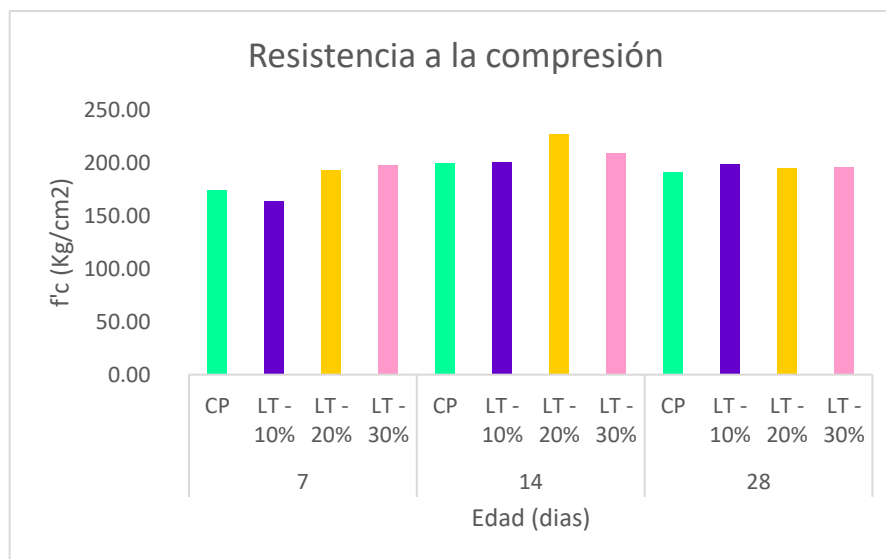
- Que, durante los 7 días de curado, el reemplazo del 10% presenta un descenso del 6.17 %, a diferencia del 20 y 30% que presenta un crecimiento del 10.64 y 13.58% respectivamente.
- Posteriormente a los 14 y 28 días de curado, todos los especímenes presentan un crecimiento de la resistencia desde 0.86% hasta 13.85%. Eso es un indicador que las propiedades de ladrillo mejoran la resistencia del concreto. Donde también se puede decir que existe un mejor comportamiento cuando se reemplaza 10%.

*Tabla 41: Variación de la resistencia del concreto a edades de 7, 14 y 28 días con respecto al concreto patrón.*

<b>Edad</b>	<b>Muestra</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Variación</b>
<b>Días</b>		<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>
7	CP	174.22	-
	LT - 10%	163.48	↓ -6.17%
	LT - 20%	192.76	↑ 10.64%
	LT - 30%	197.87	↑ 13.58%
14	CP	199.33	
	LT - 10%	201.05	↑ 0.86%
	LT - 20%	226.94	↑ 13.85%
	LT - 30%	209.04	↑ 4.87%
28	CP	191.45	
	LT - 10%	198.65	↑ 3.76%
	LT - 20%	195.10	↑ 1.91%
	LT - 30%	196.02	↑ 2.39%

*Fuente: Elaboración Propia*

Con respecto al imagen N°21 se muestra que la resistencia a la compresión mayor a los 28 días es de 198.65 kg/cm<sup>2</sup> para un remplazo de 10% de ladrillo industrial triturado, que representa un aumento de 3.76% respecto a la muestra patrón; no obstante, para un reemplazo de 20% se observa una disminución de 1.78% con referencia al reemplazo del 10%.



*Imagen 24: Gráfica ilustrativa de la resistencia para las edades de 7, 14 y 28 días.*

*Fuente propia*

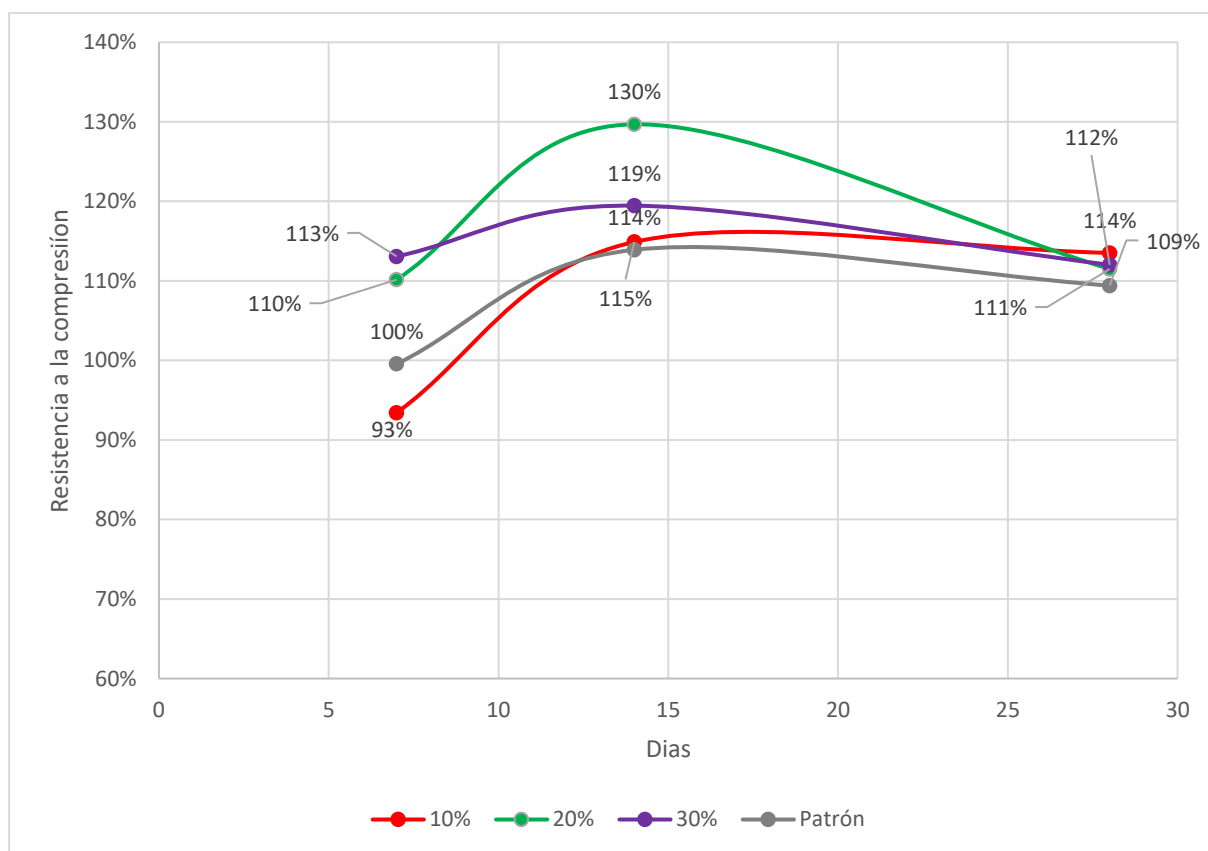
Sin embargo, a los 14 y 28 días aumenta su resistencia, que de acuerdo a los estudios se comprueba que a mayores días de curado aumenta las resistencias, esto debido por la hidratación tardía de cemento ya que al aumentar el % de reemplazo absorbe mayor % de agua lo que afecta a la slump y trabajabilidad de la mezcla.

### ***Patrones de falla de especímenes***

La forma de fallar los especímenes es un indicador de la adherencia que tiene el agregado con la pasta. En la siguiente imagen se muestra distintos tipos de falla que presentaron las probetas a los 28 días.

### *Dieño oprimo*

En el Gráfico muestra una comparación de las resistencias alcanzadas a diferentes porcentajes de agregados del concreto reciclado, observándose que el diseño optimo y que tendría una mejor productividad del concreto al reemplazar ladrillo triturado por la arena seria cuando de reemplaza en un 10% la resistencia tiene un mejor comportamiento incluso el 3.76% mas que el concreto convencional.



*Imagen 25: Comparación de la resistencia para determinar la dosificación optima.*

*Fuente propia*

### *Análisis economico*

Se adjunta el análisis económico que se realizó tanto para el concreto convencional como para el concreto con un reemplazo del 10% de ladrillo triturado, cabe resaltar que el peso unitario es por m<sup>3</sup> de concreto.

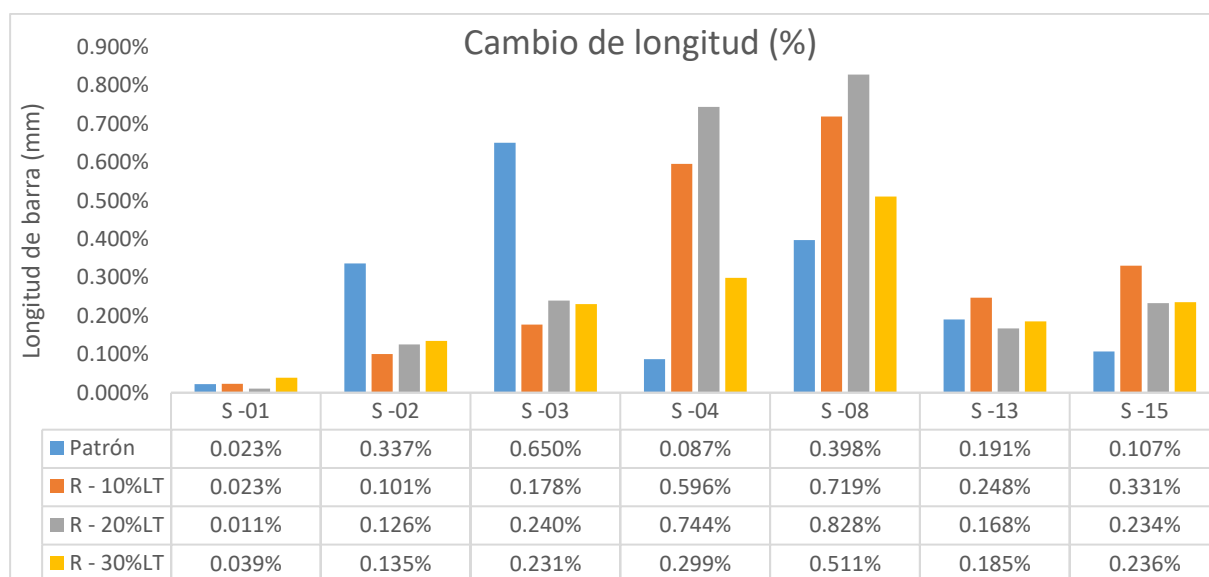
<i>Material</i>	<i>Concreto convencional</i>				<i>Concreto reemplazo LT - 10%</i>			
	<i>und</i>	<i>metrado</i>	<i>P.U (s/.)</i>	<i>Parcial</i>	<i>und</i>	<i>metrado</i>	<i>P.U (s/.)</i>	<i>Parcial</i>
Cemento	Bls	11	27	297	kg	11	27	297
Agua	m <sup>3</sup>	0.025	3.82	0.10	m <sup>3</sup>	0.025	3.82	0.10
Piedra	m <sup>3</sup>	0.051	35	1.79	kg	0.051	35	1.79
Arena	m <sup>3</sup>	0.054	30	1.62	kg	0.046	30	1.38
Lt	m <sup>3</sup>	-	-	-	kg	0.0052	25	0.13
<b>TOTAL, DE PROBETAS</b>				<b>301</b>				<b>300</b>

Según el resultado obtenido, se puede decir que el costo para el diseño óptimo con un reemplazo de 10% de ladrillo triturado, practicante no se reduciría económicamente, debido a que el porcentaje de reemplazo es bajo y no influiría mucho en tema de costo a un concreto convencional, pero si se tendría un concreto con buena resistencia, trabajabilidad, que aportaría beneficio para el empleo en obra.

### *Ensayo de Durabilidad*

Luego de haber realizado la metodología descrita precedentemente se realizan los ensayos de las propiedades de cambio de longitud por exposición a soluciones sulfatadas se tomó medidas a 1,2,3,4, 5,8, 13 y15 semanas respectivamente. De la cual obteniendo como resultados al evaluar la LT en el diseño 175 kg/cm<sup>2</sup> una variación de longitud tomada en la semana 15 de 0.331%, 0.234%, 236% en los remplazos de 10%, 20% y 30% respectivamente; detallado en la Figura

Imagen 26: Variación de longitud tomadas a la semana 1, 2, 3, 4, 8, 13 y 15.



*Fuente propia*

En la imagen se puede apreciar que en la semana 1 que al reemplazarse el 30% de LT tiene una variación de longitud de 0.039%.

En la semana 2, se puede apreciar que la muestra patrón presenta una mayor variación a diferencia de las demás muestras, igualmente en la semana 03, pero para la semana 4 se puede ver que la variación de longitud decae.

En la semana 8 se puede observar que la muestra R – 20% LT, presenta su máxima variación de longitud de allí a las semanas siguientes empieza a decaer, esto quiere decir que en la semana 8 la muestra fue más vulnerable al sulfato.

## Conclusiones

**En cuanto a la recolección y selección del ladrillo triturado:**

- La reutilización de los RCD durante el proceso de recopilación y clasificación fue del 30% de cada punto crítico ubicados en la ciudad de Chiclayo, puesto que además de encontrar unidades de albañilería se encontraban otros RCD como columnas, viga, cerámicos, tierra, entre otros; así como también se encontró las unidades de albañilería contaminadas por mortero. Durante este proceso se clasifico rigurosamente el ladrillo industrial que no contenga ningún factor que altere al estudio. En el proceso de reducir el tamaño del agregado se tuvo como filtro de calidad retener lo que pasa por la malla N° 3/8 y filtrar el polvo de ladrillo por la malla N° 200 para obtener mejores resultados en la investigación.

#### **En cuanto a las propiedades físicas de los agregados:**

- La distribución granulométrica del agregado artificial a base de ladrillo industrial tiene una similitud a la granulometría del agregado natural.
- El porcentaje de absorción tanto del agregado artificial es más absorbente que el agregado natural, debido a la porosidad que presenta; por otro parte, el peso específico del ladrillo triturado es menor. Por lo que se concluye que ladrillo triturado es menos pesado que arena natural.

#### **En cuanto a las propiedades físicas y mecánicas del concreto:**

- Se trabajo con 3 reemplazos (10%, 20% y 30%), se determinó para condiciones de estado fresco del concreto a medida que se incrementa el % reduce el asentamiento influyendo en la fluides y trabajabilidad de la mezcla.
- En cuanto al peso unitario a medida que se incrementa % de reemplazo, desciende el peso unitario de 23305 a 2310 kg/m<sup>3</sup>. El contenido de vacíos incrementa a medida que se incrementa el % de reemplazo, esto también influye que disminuya el peso unitario.
- La resistencia a la compresión se observó que a los 28 días el reemplazo del 10% aumenta en un 3.76% respecto al concreto patrón
- En consecuencia, a la conclusión anterior se determina que el diseño optimo es para un reemplazo del 10% de ladrillo triturado.

- Los resultados de durabilidad por medio de soluciones sulfatadas, se concluye en la semana 2 y 3 el concreto patrón presenta una mayor variación de longitud, esto quiere decir que es más afectado por exposición a sulfatos, presentando una variación de 0.23%. En la semana 4, 8, 13 y 15 el concreto con un remplazo de 10% presenta una mayor variación de longitud de 0.73%, 0.82%, 0.45%, 0.20% respectivamente en relación al concreto patrón.

## **Recomendaciones**

- Se recomienda que, durante el proceso de recolección y clasificación de las unidades de albañilería, se elimine la mayoría de las impurezas y agentes que perjudiquen el concreto.
- Se recomienda que a las futuras investigaciones que realicen con este material, factores como contenido de sulfatos de los agregados u otros ensayos físicos con la finalidad de promover el uso de este material para la fabricación de concreto.
- Se recomienda a futuros investigadores que analicen el porcentaje de 40 y 50% del reemplazo para ver el efecto en la resistencia y demás propiedades. También se recomienda que realicen más ensayos al concreto endurecido como permeabilidad.
- Como se pudo observar en la discusión, que a medida se incrementa el % de reemplazo descende el asentamiento y este factor influye en la fluides y trabajabilidad de esté. Por lo que se recomienda que se utilice un plastificante, para analizar si mejora o no la trabajabilidad.

## Referencias

- [1] ONU, «NACIONES UNIDAS,» 7 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://news.un.org/es/story/2019/05/1455611>. [Último acceso: 15 setiembre 2021].
- [2] G. DIGAMMA, «PERU CONSTRUYE,» 28 ABRIL 2021. [En línea]. Available: <https://peruconstruye.net/2021/04/28/ccl-construccion-habria-crecido-413-en-el-primer-trimestre/>. [Último acceso: 1 Setiembre 2021].
- [3] M. D. E. Y. M. PERU, «Ministerio de energías y minas peru,» 15 Setiembre 2021. [En línea]. Available: [http://www.minem.gob.pe/\\_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=615](http://www.minem.gob.pe/_publicacion.php?idSector=1&idPublicacion=615). [Último acceso: 20 setiembre 2021].
- [4] J. Pineda y G. Quintero, Evaluacion de la adición de polvo de ladrillo en la mezcla de cemento, para la producción de prefabricados de cpncreto en la empresa reciclados industriales de Colombia, Bogotá: Universidad de América, Facultad de Ingenierías, 2018.
- [5] M. Catillo y H. Kevin, Propuesta de concreto de baja permeabilidad con adición de polvo de ladrillo de arcilla para la construcción de viviendas en ambientes marinos, cerro azul, Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, 2020.
- [6] H. Rosas, Uso de Ladrillo de Arcilla con Exceso de Cocción como Agregado Grueso en Concreto Hidráulico, Piura: Universidad de Píura, Facultad de Ingeniería, 2018.
- [7] K. Masías, Resistencia a la Flexión y Tracción en el Concreto Usando Ladrillo Triturado como Agregado Grueso, Piura: Universidad de Píura, Facultad de Ingeniería, 2018.
- [8] D. Sánchez, Tecnología del concreto y del Mortero, Bogotá: Bhandar Editores, 2001.
- [9] R. Cachay, Diseño de Mezclas, Lima, 1993.
- [10] K. Jiménez y H. Lozano, Análisis de la Influencia de Sulfatos y Cloruros en el Deterioro de Estructuras en Concreto en Zonas Costeras del Atlántico Colombiano, Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería Civil, 2018.
- [11] Instituto Nacional de Calidad, Determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas. Método de ensayo, Lima: Inacal, 2021.

- [12] Instituto Nacional de Calidad, Medición del asentamiento del concreto hidráulico. Método de ensayo, Lima: Incal, 2022.
- [13] RILEM Report 14, "Durability design of concrete structures"., London: Eds. Sarja A y Vesikari E, 1996.
- [14] I. Bustamante, Estudio de la correlación entre la relación agua/cemento y la permeabilidad al agua de concretos usuales en Perú, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2017.
- [15] A. Moreno, Ejecución del método de presión al medir la permeabilidad en el concreto, Lima: Ensayos de Laboratorio, 2015.
- [16] S. Kosmatka, B. Kerkhoff y W. T. J. Panarese, Diseño y Control de Mezclas de Concreto, Portland Cement Association, 2017.
- [17] D. Sensagent, «Diccionario Sensagent,» [En línea]. Available: <http://diccionario.sensagent.com/Cemento%20Portland/es-es/>. [Último acceso: 18 Octubre 2021].
- [18] Instituto Nacional de Calidad, Agregados para el Concreto, Lima: Incal, 2014, pp. 1-27.
- [19] Instituto Nacional de Calidad, Método de ensayo para la densidad y absorción del agregado grueso, Lima: Incal, 2020.
- [20] Instituto Nacional de Calidad, Método de ensayo para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados, Lima: Incal, 2020.
- [21] Instituto Nacional de Calidad, Determinación del contenido de humedad total evaporable de agregados por secado. Método de ensayo, Lima: Incal, 2021.
- [22] T. H. V. S. Tchobanoglous G., Gestión Integral de Residuos Sólidos, España, 1994.
- [23] ASTM International, AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM).
- [24] Instituto Nacional de Calidad, Práctica normalizada para la elaboración y curado de especímenes de concreto en el laboratorio, Lima: Instituto Nacional de Calidad, 2013.
- [25] Instituto Nacional de Calidad, Análisis Granulométrico del agregado fino y grueso, Método de ensayo, Lima: Incal, 2021.
- [26] Instituto Nacional de Calidad, Determinación de la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino. Método de ensayo, Lima: Incal, 2021.

- [27] Instituto Nacional de Calidad, Reducir las muestras de agregados a tamaño de ensayo, Lima: Inacal, 2021.
- [28] Instituto Nacional de Calidad, Determinación de materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 15 um (N° 200) por lavado en agregados. Método de ensayo, Lima: Inacal, 2020.
- [29] American Concrete Institute, Requisitos de Relamento para Concreto Estructural, Farmington Hills, 2021.
- [30] E. Rivva, Diseño de Mezclas, Lima: Impreso Perú , 2018.
- [31] Instituto Nacional de Calidad, Método para determinar el cambio de longitud en morteros de cemento Portland expuestos a soluciones sulfatadas, Lima: Inacal, 2017.
- [32] Instituto Nacional de Calidad, AGREGADOS. Agregados para concreto. Especificaciones. 5a Edición - NTP 400.037, Lima: INACAL, 2021.
- [33] G. Héctor y C. Carlos, Albañilería Estructural, Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2005.
- [34] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Norma Técnica de Edificación E.060 Concreto Armado, Lima: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, 2009.
- [35] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Norma Técnica E.070 (SENCICO), Lima, 2019.
- [36] Instituto Nacional de Calidad, Medición del asentamiento del concreto de cemento Hidráulico. Método de ensayo, Lima: INACAL, 2022.

## Anexos

### Anexo 1: Fotografías

Identificación de Puntos Críticos de botaderos de residuos de construcción o demolición en la ciudad de Chiclayo

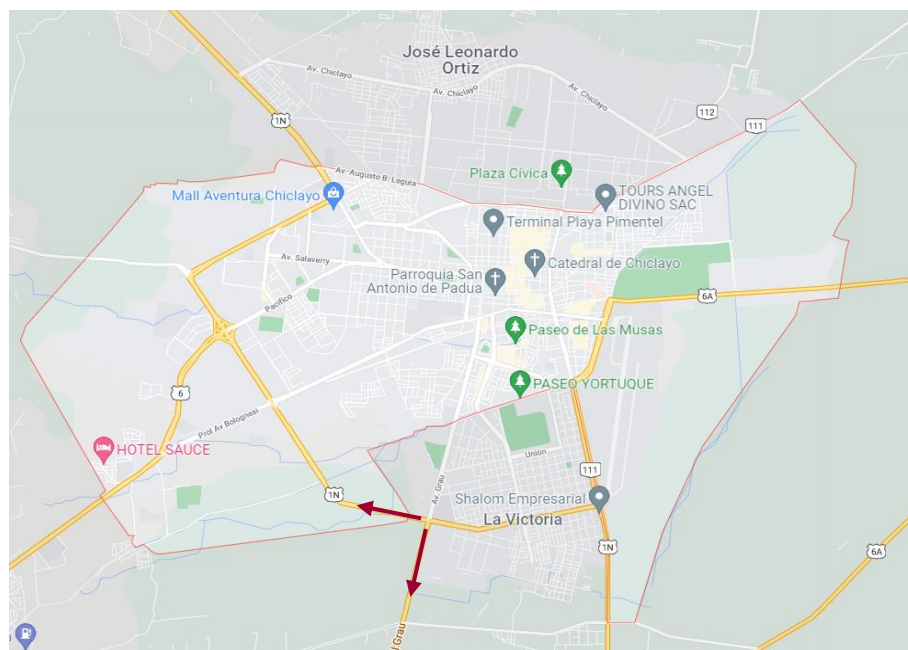
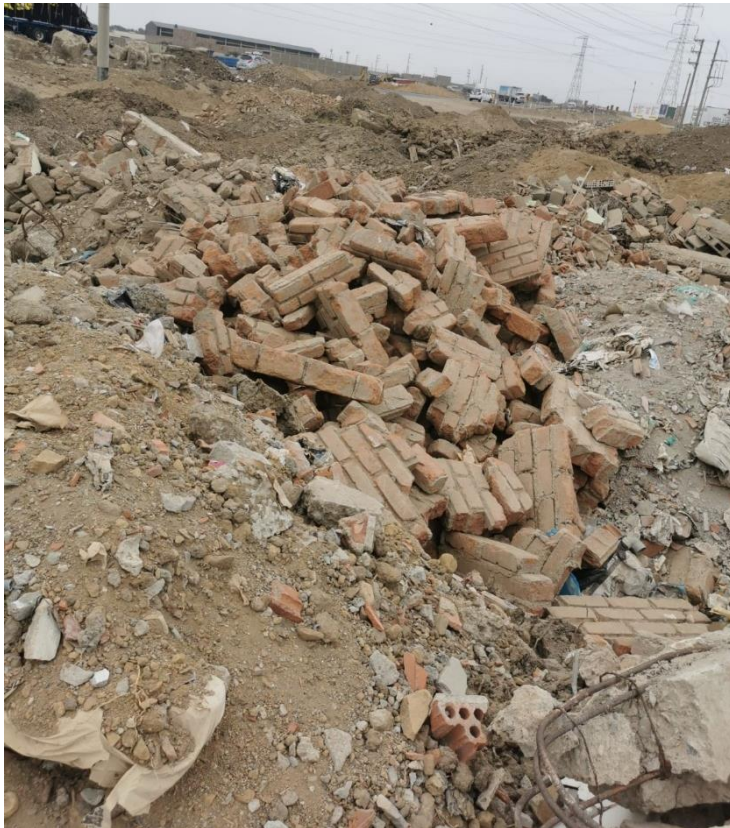


Imagen 27: Identificación de los puntos críticos de RCD

### Anexo 2: Punto Crítico de botaderos de residuos de construcción o demolición (Vía de Evitamiento – La Victoria)



Imagen 28: Identificación de botadero de RCD



*Imagen 29: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones.*



*Imagen 30: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones.*



*Imagen 31: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones.*



*Imagen 32: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones.*

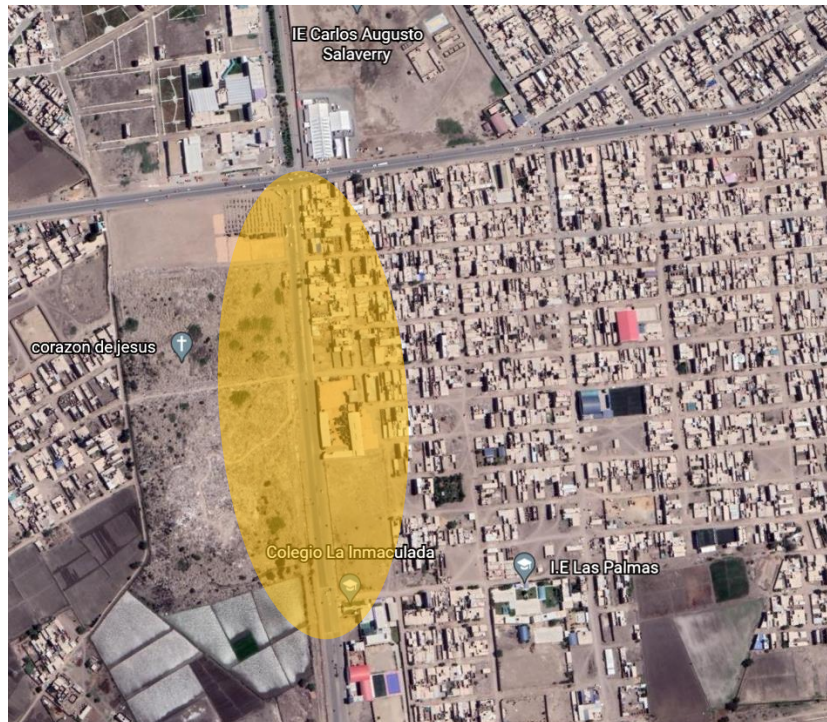


*Imagen 33: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones.*



*Imagen 34: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones.*

*Anexo 3: Punto Crítico de botaderos de residuos de construcción o demolición (Vía de Evitamiento – La Victoria)*



*Imagen 35: Identificación del botadero de RCD*



*Imagen 36: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones.*



*Imagen 37: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones.*



*Imagen 38: Imagen de residuos de ladrillo proveniente de demoliciones.*

### Anexo 4: Ensayos de laboratorio



Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334  
Email: servicios@lemswycerl.com

**Solicitante** : Zamora Diaz Isamary Inés

**Proyecto / Obra** : Evaluación de la Resistencia a Compresión y Durabilidad del Concreto 175 kg/cm<sup>2</sup> Reemplazando Ladrillo Triturado por Agregado Fino Chiclayo 2022

**Ubicación** : Distrito de Chiclayo Prov. de Chiclayo, Depar. Lambayeque

**Fecha de apertura** : 44667

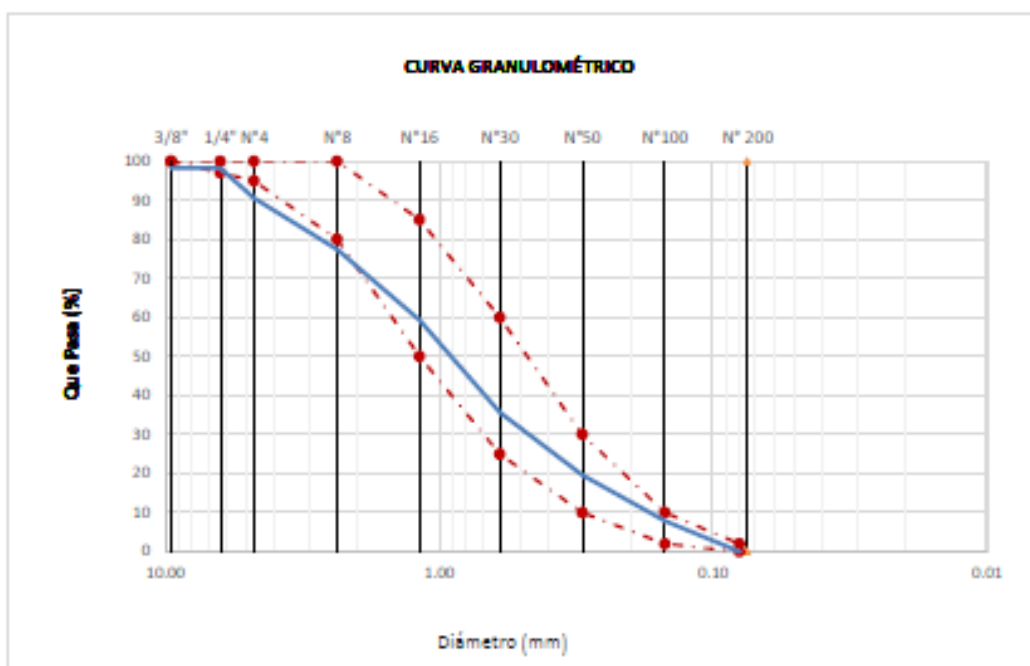
**ENSAYO** : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.

**NORMA** : N.T.P. 400.012

**Muestra** Arena Gruesa

**Cantera** La Victoria - Patapo

Pulg.	Malla	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa Acumulado	GRADACIÓN	
	(mm.)				"C"	"C"
3/8"	9.520	1.81	1.81	98.19	100	100
1/4"	6.300	0.00	1.81	98.19	97	100
Nº 4	4.750	7.62	9.43	90.57	95	100
Nº 8	2.360	13.17	22.60	77.40	80	100
Nº 16	1.180	18.04	40.64	59.36	50	85
Nº 30	0.600	23.68	64.32	35.68	25	60
Nº 50	0.300	16.07	80.38	19.62	10	30
Nº 100	0.150	11.74	92.12	7.88	2	10
Nº 200	0.080	7.88	100.00	0.00	2	0
<b>MÓDULO DE FINEZA</b>					<b>3.11</b>	



**Observaciones:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.

LEMS W&C EIRL  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

INFORME

Solicitante : Zamora Diaz isamary Inés

Proyecto / Obra : Evaluación de la Resistencia a Compresión y Durabilidad del Concreto 175 kg/cm<sup>2</sup>  
Remplazando Ladrillo Triturado por Agregado Fino Chiclayo 2022

Ubicación : Distrito de Chiclayo Prov. de Chiclayo, Depar. Lambayeque

Fecha de ensayo : 19/4/2022

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado fino.

REFERENCIA : N.T.P. 400.022

**Muestra :** Agredado Fino

**Cantera :** La Victoria - Patapo

1.- PESO ESPECÍFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.556
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.137

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON CLAYA AGUILAR**  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904



INFORME

Solicitante : Zamora Diaz isamary Inés  
0  
Proyecto / Obra : Evaluación de la Resistencia a Compresión y Durabilidad del Concreto 175 kg/cm<sup>2</sup>  
Remplazando Ladrillo Triturado por Agregado Fino Chiclayo 2022  
Ubicación : Distrito de Chiclayo Prov. de Chiclayo, Depar. Lambayeque  
Fecha de ensayo : 19/4/2022

NORMA : AGREGADO. Método de ensayo normalizado para la densidad, la densidad relativa (peso específico) y absorción del agregado grueso.

REFERENCIA : N.T.P. 400.021

Muestra: Piedra Chancada                      Cantera: Pachерres

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.665
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.229

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Zamora Diaz Isamary Inés

Proyecto / Obra : Evaluación de la Resistencia a Compresión y Durabilidad del Concreto 175 kg/cm<sup>2</sup> Reemplazando Ladrillo Triturado por Agregado Fino Chiclayo 2022

Ubicación : Distrito de Chiclayo Prov. de Chiclayo, Depar. Lambayeque

Fecha de ensayo : 15/4/2022

Ensayo : AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados. 3a. Edición (Basada ASTM C 29/C29M-2009)  
 AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado.

Referencia : NTP 400.017:2011 (revisada el 2016)  
 NTP 339.185:2013

Muestra : Piedra Chancada                      Cantera:                      Pacherres

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1466
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1460
Contenido de Humedad	(%)	0.36
Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1508
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1503
Contenido de Humedad	(%)	0.36

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS




**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

*Anexo 5: Propiedades del Concreto Fresco*



rolongación Bolognesi Km. 3  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20548885974  
all: [servicios@lemswycsrl.com](mailto:servicios@lemswycsrl.com)

Solicitante : Zamora Diaz Isamary Inés  
xxxxxx  
Proyecto / Obra : Evaluación de la Resistencia a Compresión y Durabilidad del Concreto 175 kg/cm<sup>2</sup>  
Remplazando Ladrillo Triturado por Agregado Fino Chiclayo 2022  
Ubicación : Distrito de Chiclayo Prov. de Chiclayo, Depar. Lambayeque  
Fecha de apertura : 3/5/2022  
Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del  
concreto de cemento Portland.  
Referencia : N.T.P. 339.035:2009

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaclado (Días)	Asentamiento	
				Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
DM-01	Teslgo 1	175	3/5/2022	3.72	9.44
DM-02	Teslgo 2	175	3/5/2022	3.83	9.73
DM-03	Teslgo 3	175	3/5/2022	3.35	8.50
DM-04	Teslgo 4	175	3/5/2022	3.35	8.50
DM-05					
DM-06					
DM-07					
DM-08					
DM-09					
DM-10					
DM-11					

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

LEMS W&C E.I.R.L.  
  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

  
 Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

Solicitante : Zamora Diaz Isamary Inés

Proyecto / Obra : Evaluación de la Resistencia a Compresión y Durabilidad del Concreto 175 kg/cm<sup>2</sup> Reemplazando Ladrillo Triturado por Agregado Fino Chiclayo 2022

Ubicación : Distrito de Chiclayo Prov. de Chiclayo, Depar. Lambayeque

Fecha de apertura : 3/5/2022

Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezcla de hormigón.

Referencia : N.T.P. 330.184

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vacado (Días)	Temperatura (C°)
DM-01	Tesigo 1	175	3/5/2022	30.9
DM-02	Tesigo 2	175	3/5/2022	33.8
DM-03	Tesigo 3	175	3/5/2022	33.4
DM-04	Tesigo 4	175	3/5/2022	33.1
DM-05				
DM-06				
DM-07				
DM-08				
DM-09				
DM-10				
DM-11				

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.

Solicitante : Zamora Diaz Isamary Inés

Proyecto / Obra : Evaluación de la Resistencia a Compresión y Durabilidad del Concreto 175 kg/cm<sup>2</sup> Reemplazando Ladrillo Triturado por Agregado Fino Chiclayo 2022

Ubicación : Distrito de Chiclayo Prov. de Chiclayo, Depar. Lambayeque

Fecha de apertura : 3/5/2022

Ensayo : HORMIGON (CONCRETO). Método por presión para la determinación del contenido de aire en mezclas frescas.

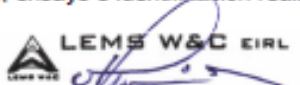
Referencia : NTP 339.080

Tipo de Medidor : Medidor "B"

Diseño	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaclado (Días)	Contenido de aire (%)
DM-01	Testlgo 1	175	3/5/2022	1.3
DM-02	Testlgo2	175	3/5/2022	1.6
DM-03	Testlgo 3	175	3/5/2022	1.7
DM-04	Testlgo 4	175	3/5/2022	1.6
DM-05				
DM-06				
DM-07				
DM-08				
DM-09				
DM-10				
DM-11				

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÉC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

**Solicitante** : Zamora Diaz Isamary Inés 0

**Proyecto / Obra** : Evaluación de la Resistencia a Compresión y Durabilidad del Concreto 175 kg/cm<sup>2</sup> Reemplazando Ladrillo Triturado por Agregado Fino Chiclayo 2022

**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

**Fecha de Ensayo** : 44684

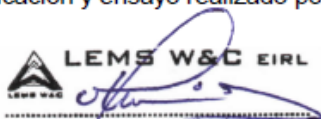
**Ensayo** : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 2ª Edición

**Referencia** : N.T.P. 339.046 : 2008 (revisada el 2018)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )
01	Lt-10%- f'c = 175 kg/cm <sup>2</sup>	175	29/5/2022	2312
02	Lt-20%- f'c = 175 kg/cm <sup>3</sup>	175	29/5/2022	2310
03	Lt-30%- f'c = 175 kg/cm <sup>4</sup>	175	29/5/2022	2310

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 T.E.C. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS



**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904



RNP Servicios S0608589

Prolongación Bolognesi Km. 3.5  
Pimentel – Lambayeque  
R.U.C. 20480781334

Email: lemswyceirl@gmail.com

**Solicitante** : Zamora Diaz Isamary Inés

**Proyecto / Obra** : Evaluación de la Resistencia a Compresión y Durabilidad del Concreto 175 kg/cm<sup>2</sup> Reemplazando Ladrillo Triturado por Agregado Fino Chiclayo 2022

**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.

**Fecha de Ensayo** : 44684

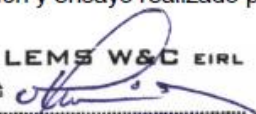

**Ensayo** : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto. 2ª Edición

**Referencia** : N.T.P. 339.046 : 2008 (revisada el 2018)

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )
01	CP-f'c = 175 kg/cm <sup>2</sup>	175	2/5/2022	2330

**OBSERVACIONES:**


- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,

  

**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TÈC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS

**Miguel Angel Ruiz Perales**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904


## Anexo 7: Propiedades del Ladrillo triturado

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-57
	<b>DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO FINO ASTM C128-15</b>	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

Proyecto: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y DURABILIDAD DEL CONCRETO 175 KG/CM2 REMPLAZANDO LADRILLO TRITURADO POR AGREGADO FINO CHICLAYO 2022**  
 Solicitante: **ZAMORA DIAZ ISAMARY**  
 Atención: **: ZAMORA DIAZ ISAMARY**  
 Material: **Agregado fino**

Muestreado por : **SOLICITANTE**  
 Ensayado por : **R.C.R**  
 Fecha de Ensayo: **may-22**  
 Turno: **Diurno**

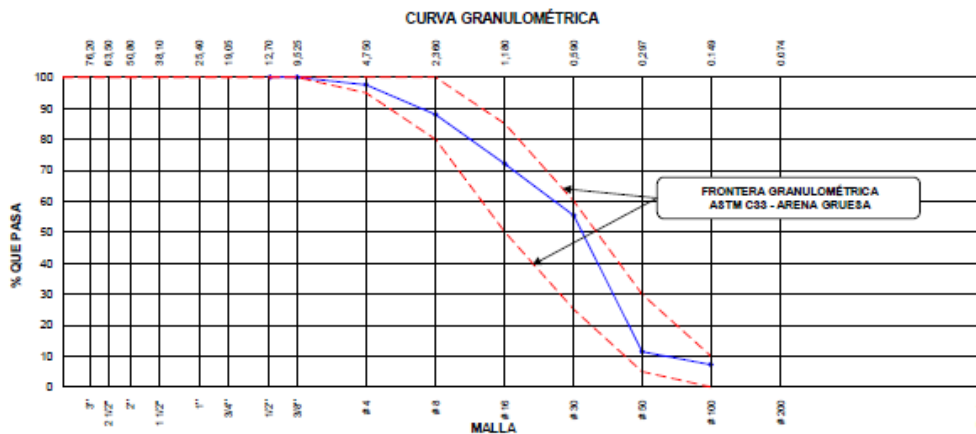
IDENTIFICACIÓN		1		
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seca (SSS)	100.0		
B	Peso Frasco + agua	638.0		
C	Peso Frasco + agua + muestra SSS	695.5		
D	Peso del Mat. Seco	98.0		
Pe Bulk (Base seca) o Peso específico de masa = D/(B+A-C)		2.306		2.306
Pe Bulk (Base Saturada) o Peso específico SSS = A/(B+A-C)		2.353		2.353
Pe Aparente (Base seca) o Peso específico aparente = D/(B+D-C)		2.600		2.600
% Absorción = 100*((A-D)/D)		2.0		2.0

	<b>INFORME</b>	Código	AE-FO-83
	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LOS AGREGADOS ASTM C136</b>	Versión	01
		Fecha	-
		Página	1 de 1

**Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y DURABILIDAD DEL CONCRETO 175 KG/CM2 REPLAZANDO LADRILLO TRITURADO POR AGREGADO FINO CHICLAYO 2022  
**Solicitante** : ZAMORA DIAZ ISAMARY  
**Atención** : ZAMORA DIAZ ISAMARY  
**Material** : AGREGADO FINO  
**Tamaño Máximo** : 3/8"

**Muestreado por** : SOLICITANTE  
**Ensayado por** : R.C.R  
**Fecha de Ensayo** : may-22  
**Turno** : Diurno

AGREGADO FINO ASTM C33/C33M - 18 - ARENA GRUESA							
Malla		Peso Retenido g	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado que pasa	ASTM "LIM INF"	ASTM "LIM SUP"
4"	100.00 mm					100.00	100.00
3 1/2"	90.00 mm					100.00	100.00
3"	75.00 mm					100.00	100.00
2 1/2"	63.00 mm					100.00	100.00
2"	50.00 mm					100.00	100.00
1 1/2"	37.50 mm					100.00	100.00
1"	25.00 mm					100.00	100.00
3/4"	19.00 mm					100.00	100.00
1/2"	12.50 mm				100.00	100.00	100.00
3/8"	9.50 mm				100.00	100.00	100.00
# 4	4.75 mm	22.3	2.39	2.39	97.61	95.00	100.00
# 8	2.36 mm	89.8	9.63	12.02	87.98	80.00	100.00
# 16	1.18 mm	148.9	15.96	27.98	72.02	50.00	85.00
# 30	600 µm	156.7	16.69	44.67	55.33	25.00	60.00
# 50	300 µm	410.0	43.95	88.62	11.38	5.00	30.00
# 100	150 µm	39.1	4.19	92.81	7.19	0.00	10.00
Fondo	-	67.1	7.19	100.00	0.00	-	-
						MF	2.68
						TMN	-



CONSERVAR LA MUESTRA QUE SE TOMA POR EL RESULTADO POSITIVO, POSTERIORMENTE ENTREGARLA AL LABORATORIO DE