



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**Caracterización de las Propiedades Físico - Mecánicas del  
Concreto Incorporando Caucho Desmenuzado**

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

**Autor:**

Bach. Asenjo Bustamante James Smith

<https://orcid.org/0000-0002-3177-555X>

**Asesor:**

**Dr. Coronado Zuloeta Omar**

<https://orcid.org/0000-0002-7757-4649>

**Línea de Investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2023**

**CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL  
CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO**

**Aprobación del jurado**

---

**DR. CHILON MUÑOZ CARMEN**  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

**DR. CORONADO ZULOETA OMAR**  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

**MG. PATAZCA ROJAS PEDRO RAMON**  
**Vocal del Jurado de Tesis**


**DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD**

Quien suscribe la **DECLARACIÓN JURADA**, soy egresado del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de ingeniería civil de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado.

**CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

<b>Asenjo Bustamante James Smith</b>	<b>DNI: 70030246</b>	
--------------------------------------	----------------------	---

**Pimentel, 31 de marzo del 2023**

## **Dedicatoria**

### **A Dios**

Por darme el bienestar diario, dándome salud, inteligencia, capacidad, fuerzas y perseverancia para lograr mis objetivos, trazados, finalizando mis estudios profesionales.

### **A mi Familia**

Por el apoyo constante en el periodo de mis estudios a pesar de las dificultades y obstáculos siempre estuvieron para darme fuerzas y salir adelante, sus consejos que desde mis estudios primarios y secundarios lograron guiarme y a la actualidad convertirme en un profesional, mis hermanos por la motivación y apoyo en los momentos que los necesito.

***Asenjo Bustamante James Smith***

## **Agradecimiento**

En primer lugar agradecido con Dios por guiar mis pasos por el camino del bien y tener la dicha de culminar un objetivo más de mi vida, el lograr ser ingeniero civil, por darme las fuerzas y perseverancia en cada momento difícil que pase en mi vida en estos años de estudios, por cuidarme de todo peligro social a los que estuve expuesto a diario, también agradezco a mis padres por el apoyo, brindándome todos los medios y condiciones para lograr este objetivo, además de sus consejos que siempre me ayudaron a ser una persona de bien.

A mis docentes que contribuyeron en mi formación como profesional, también a mis compañeros y amigos con los que compartí buenas y malas experiencias en la trayectoria universitaria.

***Asenjo Bustamante James Smith***

## Índice

Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice.....	vi
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
<b>I.INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
1.1. Realidad problemática .....	13
1.2. Formulación del problema.....	25
1.3. Hipótesis .....	25
1.4. Objetivos.....	25
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	26
<b>II.MATERIALES Y MÉTODO.....</b>	<b>37</b>
2.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	37
2.2. Variables, Operacionalización .....	37
2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección .....	40
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad .....	43
2.5. Procedimiento de Análisis de Datos .....	43
2.6. Criterios Éticos.....	59
<b>III.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>60</b>
3.1. Resultados .....	60
3.2. Discusión .....	71
<b>IV.CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>75</b>
4.1. Conclusiones .....	75
4.2. Recomendaciones.....	76
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>81</b>

## Índice De Tablas

<b>TABLA I</b> LÍMITES DE GRANULOMETRÍA SEGÚN ASTM .....	28
<b>TABLA II</b> COMPOSICIÓN TÍPICA DE NEUMÁTICOS RECICLADOS .....	33
<b>TABLA III</b> COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAUCHO .....	35
<b>TABLA IV</b> PROPIEDADES FÍSICAS DEL CAUCHOADES .....	35
<b>TABLA V</b> OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE INDEPENDIENTES .....	38
<b>TABLA VI</b> OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLE DEPENDIENTES .....	39
<b>TABLA VII</b> DESCRIPCIÓN DE LOS DISEÑOS EXPERIMENTALES EN LOS GRUPOS EXPERIMENTALES .....	41
<b>TABLA VIII</b> CANTIDAD DE CAUCHO DESMENUZADO POR PESO DE CAUCHO EN BRUTO .....	48
<b>TABLA IX</b> CANTIDADES MÍNIMAS DE MATERIAL EMPLEADO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE ACUERDO A LA MTC E 201.....	49
<b>TABLA X</b> PROPIEDADES DE LOS ÁRIDOS FINOS Y GRUESOS.....	60
<b>TABLA XI</b> PROPIEDADES FÍSICAS DEL CAUCHO DESMENUZADO .....	61
<b>TABLA XII</b> CANTIDADES POR M3 DE MUESTRAS EXPERIMENTALES .....	62
<b>TABLA XIII</b> PRECIOS POR M3 DE CONCRETO CONVENCIONAL Y INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO PARA UNA RESISTENCIA DE 210 KG/CM <sup>2</sup> .....	63
<b>TABLA XIV</b> PRECIOS POR M3 DE CONCRETO CONVENCIONAL Y INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO PARA UNA RESISTENCIA DE 280 KG/CM <sup>2</sup> .....	64

## Índice de figuras

<b>FIG. 1.</b> TAMAÑO DE GRANULO DE CAUCHO TRITURADO EN EL MERCADO.....	34
<b>FIG. 2.</b> ESQUEMA DE LA MOLIENDA DE CAUCHO .....	36
<b>FIG. 3.</b> ESQUEMA DE MOLIENDA CRIOGÉNICA.....	36
<b>FIG. 4.</b> A) ASENTAMIENTO, B) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN, C) RESISTENCIA A LA TRACCIÓN, D) RESISTENCIA A LA FLEXIÓN .....	42
<b>FIG. 5.</b> CAUCHO DESMENUZADO PARA EL ESTUDIO EXPERIMENTAL .....	42
<b>FIG. 6.</b> FLUJO DE PROCESOS .....	44
<b>FIG. 7.</b> UBICACIÓN DE CANTERA LA VICTORIA.....	45
<b>FIG. 8.</b> UBICACIÓN DE CANTERA PACHERREZ.....	45
<b>FIG. 9.</b> ACOPIO DEL AGREGADO FINO EN LABORATORIO.....	46
<b>FIG. 10.</b> ACOPIO DE PIEDRA CHANCADA EN LABORATORIO.....	47
<b>FIG. 11.</b> LUGARES DE RECOLECCIÓN DE NEUMÁTICOS PARA SU POSTERIOR PROCESADO.....	47
<b>FIG. 12.</b> OBTENCIÓN DEL CAUCHO DESMENUZADO, LISTO PARA PODER SER EMPLEADO.....	48
<b>FIG. 13.</b> TAMIZADO DE AGREGADO FINO Y GRUESO.....	50
<b>FIG. 14.</b> DETERMINACIÓN DE MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN DE AGREGADO FINO.....	51
<b>FIG. 15.</b> DETERMINACIÓN DE MASA POR UNIDAD DE VOLUMEN DE AGREGADO GRUESO.....	52
<b>FIG. 16.</b> MUESTRA PARA DETERMINAR CONTENIDO DE HUMEDAD EN AF.....	53
<b>FIG. 17.</b> MUESTRA PARA DETERMINAR CONTENIDO DE HUMEDAD EN AG.....	53
<b>FIG. 18.</b> LLENADO DE MOLDE CÓNICO.....	55
<b>FIG. 19.</b> 25 GOLPES CON EL PISO A UNA ALTURA DE 5MM.....	55
<b>FIG. 20.</b> RETIRO DE CONO PARA DETERMINAR LA CONDICIÓN SUPERFICIALMENTE SECA.....	55
<b>FIG. 21.</b> PROCESO DE ELIMINACIÓN DE BURBUJAS DE AIRE.....	56
<b>FIG. 22.</b> PUESTO AL HORNO PARA POSTERIOR LECTURA DE MUESTRA SECA.....	56
<b>FIG. 23.</b> CONTROL DE SLUMP, PARA DETERMINAR EL ESTADO DE TRABAJABILIDAD.....	57
<b>FIG. 24.</b> SLUMP EXPERIMENTAL PARA EL DISEÑO DEL GRUPO 1 .....	65
<b>FIG. 25.</b> SLUMP EXPERIMENTAL PARA EL DISEÑO DEL GRUPO 2 .....	65
<b>FIG. 26.</b> PESO UNITARIO FRESCO EXPERIMENTAL PARA EL DISEÑO DEL GRUPO 1 .....	66



<b>FIG. 27.</b> PESO UNITARIO FRESCO EXPERIMENTAL PARA EL DISEÑO DEL GRUPO 2 .....	66
<b>FIG. 28.</b> RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EXPERIMENTAL PARA EL DISEÑO DEL GRUPO 1 .....	67
<b>FIG. 29.</b> RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN EXPERIMENTAL PARA EL DISEÑO DEL GRUPO 2 .....	68
<b>FIG. 30.</b> RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EXPERIMENTAL PARA EL DISEÑO DEL GRUPO 1 .....	69
<b>FIG. 31.</b> RESISTENCIA A LA TRACCIÓN EXPERIMENTAL PARA EL DISEÑO DEL GRUPO 2 .....	69
<b>FIG. 32.</b> RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EXPERIMENTAL PARA EL DISEÑO DEL GRUPO 1 .....	70
<b>FIG. 33.</b> RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EXPERIMENTAL PARA EL DISEÑO DEL GRUPO 2 .....	70

## Abreviaturas

**ACI:** Associety Concrete Institute

**AF:** Agregado fino

**AG:** Agregado grueso

**ASTM:** American Associety Society and Materials

**CD:** Caucho desmenuzado

**CR:** Miga de caucho

**CRC:** Crumb rubber concrete

**MPa:** Megapascales

**TMN:** Tamaño máximo nominal

**RBC:** Hormigón encauchado

**RNE:** Reglamento nacional de edificaciones

**$\omega$ :** Contenido de humedad

## Resumen

Dentro de la contaminación ambiental en la actualidad mantiene un gran porcentaje de contaminación alarmante de los desechos de los neumáticos, por ello que nace esta investigación para realizar un concreto haciendo uso del caucho desmenuzado. Como objetivo principal evaluar las propiedades físico - mecánicas del concreto al incorporar caucho desmenuzado. Realizando un diseño de mezcla para cada uno de ellos, contemplando las resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>. Se incorporó cinco dosificaciones en 0%, 10%, 15%, 20%, 25% por peso del cemento donde fueron experimentadas con una constante relación agua-cemento para cada diseño, se elaboró probetas cilíndricas de tamaño 150 mm de diámetro x 300 mm de altura y vigas prismáticas de 150 mm de ancho x 150 mm de altura x 550 mm de largo, fueron moldeadas y curadas a diferentes edades de 7, 14 y 28 días después de someterlas a las propiedades a la compresión, tracción y flexión. Obteniendo menor trabajabilidad, peso unitario y temperatura equilibrada, los resultados de resistencias incrementaron hasta el 15% de adición de caucho desmenuzado, no obstante, los porcentajes del 20% y 25%, su resistencia no alcanzó la resistencia deseada mínima. Concluyendo entonces que se obtiene resultados iguales o superiores a los de diseño siempre y cuando no se exceda el 15% de adición de caucho desmenuzado y se recomienda que se desarrolle ensayos adicionales para conocer las probables causas de este comportamiento del concreto.

**Palabras clave:** Concreto, caucho desmenuzado, propiedades físicas, propiedades mecánicas, trabajabilidad.

## Abstract

Within the environmental pollution currently maintains a large percentage of alarming pollution from tire waste, so this research was born to make a concrete using shredded rubber. The main objective is to evaluate the physical-mechanical properties of concrete by incorporating shredded rubber. Making a mix design for each one of them, contemplating the strengths of 210 kg/cm<sup>2</sup> and 280 kg/cm<sup>2</sup>. Five dosages were incorporated in 0%, 10%, 15%, 15%, 20%, 20%, 25% by weight of cement where they were experimented with a constant water-cement ratio for each design, cylindrical specimens of 150 mm diameter x 300 mm height and prismatic beams of 150 mm width x 150 mm height x 550 mm length were made, they were molded and cured at different ages of 7, 14 and 28 days after submitting them to the properties to compression, traction and flexion. Obtaining lower workability, unit weight and balanced temperature, the resistance results increased up to 15% addition of shredded rubber, however, the percentages of 20% and 25%, its resistance did not reach the minimum desired resistance. It is recommended that additional tests be carried out to determine the probable causes of this behavior of the concrete.

**Keywords:** Concrete, crumb rubber, physical properties, mechanical properties, workability.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

Desechar neumáticos usados se ha venido realizando de forma irracional generándose así en un grave problema ambiental en todo el mundo. Cada año, millones de llantas llegan al final de su vida y suman una cantidad considerable de desechos sólidos no biodegradables en el medio ambiente. Hoy en día, muchos investigadores están estudiando la reutilización de caucho reciclado en el hormigón mediante el desarrollo del denominado “hormigón de caucho (RBC)” [1]. Una gestión eficaz del reciclaje y los residuos de los materiales de desecho se encuentran entre los objetivos clave del desarrollo sostenible. Las llantas de desecho que son extremadamente difíciles de reciclar y el vertido o el vertido están generando problemas de salud, como la reproducción del virus del dengue que se ha relacionado con las llantas de desecho.

Cada año se elimina una gran cantidad de llantas usadas y eso está creando un problema de gestión de residuos. Por lo tanto, el uso de llantas de desecho en proyectos de construcción civil, especialmente en la producción agregada, nos proporciona un doble beneficio al reducir la demanda de recursos naturales y mitigar un problema de gestión de residuos [2].

Hoy en día, en todo el mundo se pone un énfasis significativo en el proceso de reciclaje de residuos. Una de las formas más populares de reciclaje de caucho es la trituración / desmenuzado. En Polonia, debe tenerse en cuenta que, además del proceso de reciclaje, se buscan continuamente soluciones innovadoras para ampliar la gama de utilización de materiales reciclados [3].

Los neumáticos después de cumplir su vida útil son un factor muy importante que afectan de manera considerable al medio ambiente, ya que no son materiales biodegradables y para su descomposición requiere de un largo tiempo, por otro lado en el Perú este problema se presenta debido a la falta de conocimiento de las autoridades

y gestión pública para el reciclaje y reutilización de este material actualmente no son reciclados, mayormente la población suelen arrojar este material a la intemperie, debido a esta problemática la elaboración de concreto adicionando caucho reciclado ayudara disminuir el impacto ambiental y a la vez buscar un resultado satisfactorio de aumento de la resistencia del concreto [4].

Actualmente la utilización del caucho reciclado se ha venido utilizando de diferentes formas en las construcciones como en la pavimentación, pero en el Perú aún no es aplicado en ningún sistema estructural, de tal manera que es innovador estudiar las propiedades físico-mecánicas del caucho y la aplicación del mismo al concreto [5].

Esto ha traído como consecuencia que el uso excesivo de neumáticos que son utilizados hasta su degradación que luego son cambiados por nuevos y los que ya no les sirve arrojados a la intemperie, en la actualidad este residuo no cuenta con un estudio de reutilización como también aún no se ha empleado en la construcción como un material reciclado, es por eso que se está realizando esta investigación para incorporar el caucho reciclado como un material de construcción y buscar un comportamiento positivo en el concreto endurecido.

En la actualidad Chiclayo se encuentra en un tiempo critico ya que carecen de recolección de residuos sólidos como los neumáticos de automóviles y la producción sigue en aumento, los principales problemas con los que se encuentra en la ciudad son los desechos sólidos de tal forma que afecta de manera considerables al medio ambiente y fauna nociva que afectan a los pobladores que viven alrededor [6]. Como consecuencia grandes cantidades fuera de uso que son arrojadas al medio ambiente sin considerar la posibilidad de reutilización de este material, actualmente en el Perú se están realizando investigaciones sobre la reutilización de este material en el sistema constructivo estructural, y de tal forma ayudando al medio ambiente a no ser demasiado contaminado [7]. Es así que se ve en la facilidad de emplear estos residuos de caucho en la forma de

desmenuzado para incluirlos en la preparación de concreto estructural y así contemplar la viabilidad de su uso masivamente.

Albidah et al. [8] titulada la investigación científica "Role of recycled vehicle tires quantity and size on the properties of metakaolin-based geopolymer rubberized concrete". Por lo tanto, el presente artículo investiga la dominio de la introducción de materiales reciclados goma en mezclas de geopolímeros a base de metacaolín sobre la trabajabilidad, el comportamiento a la compresión (componentes de tensión-deformación y modo de falla), la resistencia a la flexión, el peso unitario, el contenido de aire. Se emplearon siete mezclas para este propósito con dos variables principales que comprenden tamaño de la goma (fino, grueso o combinación de ambos) y porcentaje de reemplazo (0%, 20% y 40%). Reciclado de goma se observó que reduce la trabajabilidad de la mezcla en un 4%-52.5 % y en un 40 %-62.5 % cuando es fino o grueso goma. Se agregaron partículas al concreto en mezclas, respectivamente. Se consiguió una resistencia a la compresión promedio de 14.3-37.7 MPa cuando se utilizó material fino y/o grueso de las partículas de goma reemplazaron el 20% o 40% de los áridos finos y/o gruesos convencionales. Además, el geopolímero concreto cauchutado mostró más deformabilidad que las mezclas simples junto con características de peso ligero, que son codiciable en muchas prácticas de construcción. Esto refleja la capacidad del geopolímero cauchutado concreto para el desarrollo de fuerza baja a moderada para ausos de concreto estructurales y no estructurales.

Arachchi et al. [9] en su investigación científica nombrado "Investigation of replacing aggregate with non-homogeneous waste tire rubber aggregate in concrete", tuvo como finalidad investigar el impacto del uso de materiales no homogéneos de goma agregado en un concreto desarrollado con el diseño de identificar las razones dominantes y las modificaciones a realizar a fin de mejorar las propiedades del concreto encauchado se discuten con respecto al diverso número de literaturas. La llanta de desecho reciclada, se probaron partículas para identificar las propiedades físicas y se probaron los cubos en

compresión axial. Los cubos se produjeron reemplazando llantas de desecho con 1) 0% volumen de agregado (Serie 1) 2) 20% volumen de agregado fino (Serie 2) y 3) 10% árido grueso y 10% árido fino del volumen total de aridos (Serie 3). Los resultados muestran una alta tasa de absorción de agua de 6-7% en goma de caucho. La resistencia a la compresión de los cubos alcanzó hasta 48,6 MPa, 32.4 MPa y 37.5 MPa en serie 1, 2 y 3, respectivamente. Implementando 10% grueso y 10% de goma fina aumentó la resistencia a la compresión en un 10.5%. Existe la demostración clara sobre las propiedades mecánicas mejoradas de los concretos con caucho con la adición de no homogéneos goma agregados.

Aghamohammadi et al. [10] en su estudio científico nombrado "Effects of Surface Modification of Crumb Rubber with Polyvinyl Acetate on Rubberized Concrete". Tuvo como propósito evaluar la miga de goma donde se usó para reemplazar agregado fino en un rango de 0 a 60% (aproximadamente 25% del volumen total de agregados) y acetato de polivinilo se usó como modificador de superficie. Investigación de las propiedades mecánicas y parámetros relacionados con la durabilidad de concreto. Así mismo los resultados de la superficie aumenta la resistencia del concreto a la compresión, flexión y tracción hasta en un 12 a 18%. Además, se observó que los parámetros relacionados con la durabilidad mejoraron significativamente, como lo revelan las reducciones del 68 % y el 30 % en la absorción de agua y la profundidad de penetración del agua, respectivamente. Se concluye que el uso de acetato de polivinilo como modificador mejora la adherencia de la miga de goma y la pasta de cemento, mejorando las características de resistencia y evita la introducción de agua y sustancias destructivas en el concreto, que es muy importante para pavimentos de concreto.

Awan et al. [11] en su estudio científico nombrado "Experimental evaluation of untreated and pretreated crumb rubber used in concrete", se planteó como objetivo evaluar el comportamiento mecánico de la miga no tratada y tratada goma concreto (CRC). El estudio también se realizó a fin de reducir la pérdida de propiedades mecánicas



del CRC. En este estudio, la arena fue reemplazada por miga goma (CR) con 0%, 5%, 10%, 15% y 20% por volumen. CR se trató con NaOH, cal y detergente común durante 24 h. Además, también se llevó a cabo el tratamiento del agua. Todos estos tratamientos se realizaron para mejorar las propiedades mecánicas de concreto que se ven afectados por la adición de CR. Las propiedades que se evaluaron son resistencia a la compresión, resistencia a la tracción indirecta, peso unitario. La resistencia a la compresión se evaluó después de 7 y 28 días de curado. Las propiedades mecánicas disminuyeron al aumentar el porcentaje de CR. Las propiedades mejoraron después del tratamiento de CR. Se encontró que el tratamiento con cal era el mejor tratamiento de los cuatro tratamientos, seguido del tratamiento con NaOH y el tratamiento con agua. Se encontró que el tratamiento con detergente era el peor tratamiento de los cuatro métodos de tratamiento. A pesar de aumentar la fuerza, contribuyó a la pérdida de fuerza.

Irmawaty et al. [12] en su estudio científico nombrado "Feasibility of crumb rubber as fine aggregate in concrete", tuvo como finalidad enfocar en el uso de caucho desmenuzado como llanta de desecho con variaciones en reemplazar el caucho desmenuzado por arido fino en el concreto de 0%, 10%, 20% y 30%. Además, para mejorar la adherencia del caucho granulado a la mezcla de hormigón, se utilizó una solución de NaOH al 10%. Esta investigación es verdaderamente experimental al hacer una mezcla de concreto con una resistencia objetivo de 20 MPa. El ensayo de resistencia a la compresión se realizó a los 3, 14 y 28 días, mientras que el ensayo de rajadura y módulo de elasticidad a los 28 días, Mostró un slump de 10, 10, 9.5, 8 cm para las dosis de 0, 10, 20 y 30% de caucho y respecto al peso unitario fue 2299, 2283, 2228 y 2142 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente. El resultado mostró que cada adición del 10% de caucho granulado, el peso del volumen de concreto disminuyó en un 3%. La resistencia a la compresión y la resistencia a la división también disminuyeron al aumentar el volumen de caucho triturado. Cada 20% de adición de caucho granulado, la resistencia a la compresión disminuyó un 26%, así mismo la resistencia a la división disminuyó un 10%.

No se recomienda la sustitución de caucho triturado en más del 20% del volumen de árido fino.

Youssif et al. [13] su investigación científica titulada “Development of Crumb Rubber Concrete for Practical Application in the Residential Construction Sector – Design and Processing”. Esta investigación es parte de un proyecto que se enfoca en desarrollar CRC para uso práctico en construcción residencial. Se llevó a cabo el diseño y procesamiento de CRC en tres grados (20 MPa, 25 MPa y 32 MPa) y se investigó el rendimiento y se comparó con el concreto convencional en los mismos niveles de fuerza. El estudio incluyó tres etapas a saber; seleccionando el tamaño efectivo de partícula de goma, diseño y ajuste de mezclas y pruebas de mezclas recomendadas para aplicaciones prácticas. Los resultados mostraron que dentro de la miga de caucho de tamaño utilizado (0.15–2.36 mm) aumentando el tamaño de miga de partícula disminuye las pérdidas de resistencia a la compresión. Comparado con el concreto convencional, la presencia del 20% goma medida que el reemplazo del volumen de arena disminuyó la relación de resistencia de 7 días/28 días en valores que oscilaron entre 9% y 20%. CRC exhibió valores de contracción similares o más bajos, pero mayores deformaciones por fluencia en cotejo con las de los concretos común. La goma el pretratamiento mejoró el revenimiento, pero no se observó un resultado significativo sobre la resistencia a la compresión. Cuando la miga de goma se adicionó junto con agua al principio sin premezclar, la trabajabilidad fue baja; sin embargo, cuando se agregó goma y se mezcló seco o húmedo con los otros materiales, se mejoró la trabajabilidad del CRC.

Al-Dalain. [14] la investigación científica titulada “An assessment of mechanical properties of using tires rubber as a partial replacement of aggregate in sustainable concrete”, tuvo como propósito enriquecer las propiedades mecánicas de concreto con triturado de llantas de desperdicio utilizadas para el reemplazo parcial de agregados gruesos en concreto. Se consideraron tres fracciones de 30%, 40% y 50% de reemplazo en suma a una mezcla de control. Se tomaron en cuenta dos parámetros: tamaño de

llantas de desecho de goma como agregado y fracción de volumen. En estado fresco, la trabajabilidad mejoró con un incremento en el porcentaje de sustitución de migas de neumáticos en estado endurecido, la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión disminuyeron con el aumento en la fracción de goma de neumático y con el aumento del tamaño de goma. El peso unitario aparente disminuye al aumentar el tamaño y el porcentaje de reposición. Concreto con tamaño grueso y medio de goma el tamaño era más factible que el concreto con agregado fino. Hubo una buena mejora en la resistencia al impacto en la muestra con medio y fino con goma de tamaño, pero una pequeña reducción en la energía absorbida en la muestra con agregado de tamaño grueso.

Chen & Lee. [15] este estudio titulada "Application of crumb rubber in cement-matrix composite". En este estudio, para evitar cualquier efecto de la arena, se prepararon pastas de cemento con caucho (en lugar de morteros) se prepararon para comprender los efectos de la oxidación parcial en los enlaces entre las moléculas C-S-H y la miga tratada. La miga de caucho se tamizó para alcanzar un tamaño de partícula de 300 a 600  $\mu\text{m}$  para su uso en el compuesto de matriz de cemento. Sin embargo, la resistencia a la compresión de la pasta endurecida con la miga de caucho tratada sólo se redujo entre un 17% y un 18%. La resistencia a la compresión de La resistencia a la compresión de la pasta endurecida con el caucho triturado recuperado disminuyó hasta un 45% en comparación con la de la pasta endurecida pura (TR5), la de la pasta endurecida pura (56 días).

Rashid et al. [16] en su estudio científico titulada "Sustainable selection of the concrete incorporating recycled tire aggregate to be used as medium to low strength material". El presente trabajo tiene el mismo tema con dos distinciones claras: primero, la gran mayoría de los experimentos anteriores se realizaron en concretos con resistencias a la compresión en el rango entre 30 y 60 MPa. En el presente trabajo se diseñaron y prepararon en laboratorio concretos con valores de resistencia a la

compresión inferiores a 20 MPa, sustituyendo los agregados convencionales por agregados de neumáticos reciclados en una proporción del 10, 20 y 30% en volumen. El slump fue de 52, hasta 19 mm y la densidad de 2385 hasta 2045 kg/m<sup>3</sup>. La resistencia a la compresión se calculó 28 hasta los 90 días y los resultados mostraron que sustituir una pequeña porción de agregado fino natural con una más goma fina aumentó la resistencia a la compresión de 90 días de concreto en un 12%, posiblemente a consecuencia de la densificación resultante del agregado fino. Todos los estudios anteriores concluyeron que el uso de goma agregado reduce la resistencia a la compresión de concreto y es recomendable hasta 10% de caucho.

Gurunandan et al. [17] investigación científica titulada “Mechanical and damping properties of rubberized concrete containing polyester fibers” tuvo como objetivo general Este trabajo evalúa la factibilidad de utilizar goma triturada desperdiciada como reemplazo parcial del agregado fino, con relación a la masa, mediante la realización de investigaciones sobre sus propiedades mecánicas. La reutilización de residuos de goma y la fibra dieron como resultado una ductilidad y una relación de amortiguamiento mejoradas; sin embargo, redujo los valores de fuerza. A un máximo de 7.5 % de reemplazo tanto en caucho simple como en caucho reforzado con fibra concreto, el porcentaje de pérdida de resistencia está dentro de los límites aceptables, lo que lo hace adecuado para su uso como atenuadores de vibraciones en aplicaciones tales como bordillos y barreras de carreteras, adoquines, relleno de zanjas y cimientos de máquinas.

Choquenaira Castro, [18] en su título de grado nombrado “Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto con adición de caucho en polvo sustituyendo al agregado fino, Sabandia, Arequipa 2022”, tuvo como finalidad evaluar propiedades mecánicas del concreto del concreto con incorporación de caucho en polvo sustituyendo al árido fino, Arequipa. Tuvo un método de estudio tipo aplicado y un diseño cuasi-experimental. Sus diversos resultados mostrados que, para resistencias de 175, 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup> con inclusión de caucho en polvo al 0, 10, 15, 20, 25 y 30%, el asentamiento

(entre 2.37 hasta 8 cm), peso unitario (entre 2375 hasta 2423 kg/m<sup>3</sup>) y contenido de aire (entre 1.10 hasta 7.6%) incrementaron en proporción a la dosis de caucho. La resistencia mecánica en compresión, tracción y flexión sucede lo inverso pues reduce sus capacidades resistentes. Se concluyó que el valor razonable óptimo fue hasta 10% de caucho en polvo en sustitución del árido fino, siendo útil para concreto no estructural.

Clemente Escobar, [19] en su trabajo de grado nombrado “El caucho triturado y su efecto en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, sustituyendo al agregado fino”, con la finalidad de evaluar el efecto del caucho triturado (0, 4, 8 y 12%) en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, al reemplazar el árido fino. La metodología del estudio fue de tipo aplicada, y un nivel explicativo con un diseño experimental. Las propiedades frescas al 0 hasta 12% de caucho mostró que el slump (entre 3.5 hasta 8.23”), la temperatura (19.27 hasta 17.27°C) y el contenido de aire (1.5 hasta 3.37%) se incrementaron a razón que incrementan los porcentajes de caucho, además las resistencias a compresión (315 hasta 134kg/cm<sup>2</sup>) y flexión (51 hasta 28 kg/cm<sup>2</sup>) redujeron considerablemente. Se concluye que el reemplazo del 8% de caucho triturado por árido fino goza valores superiores al concreto convencional.

Condori Cora, [20] en su trabajo de grado llamado “Diseño del concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de caucho reciclado para uso en habilitaciones urbanas, Tacna – 2021” tuvo como propósito determinar la influencia de la adición de caucho reciclado al 5, 10 y 15% en sustituto de árido fino en la fortaleza a la compresión. La metodología fue de tipo aplicada, nivel descriptivo y diseño experimental. Los áridos finos y grueso mostraron estar dentro de la gradación óptima pues el árido fino tuvo un módulo de fineza de 2.8 y TMN de 19.05 mm. Los resultados revelarán que la fortaleza a la compresión disminuye para los 28 días, el concreto referencial llegó a 206 kg/cm<sup>2</sup>, pero con 5, 10 y 15% de caucho reciclado tuvo valores de 190, 172 y 152 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. Se concluyó que los valores óptimos para una resistencia mínima  $f_c$ : 175 kg/cm<sup>2</sup> la dosis idónea para que cumpla esto fue del 5% de caucho reciclado.

Rodríguez Rengifo, [21] en un trabajo titulado “Influencia de la adición de caucho reciclado granulado en el Diseño de Concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Moyobamba 2021”, tuvo como propósito general determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado granulado en el concreto  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$ . Tuvo como método tipo aplicada, descriptiva y un diseño experimental. Los resultados mostraron que al 0, 5, 8% y 10% genera la resistencia a los 28 días, 219, 226, 221 y 198  $\text{kg/cm}^2$ . Se concluye que las muestras destacables son al 5 y 8% como parte de la mezcla del concreto para una resistencia requerida.

Huanuco Hidalgo, [22] en su investigación de grado “Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con la adición de caucho reciclado, Pasco 2021”, tuvo como finalidad determinar las características físicas y mecánicas de la resistencia  $f'c: 210 \text{ kg/cm}^2$  con incorporación de caucho reciclado. Su estudio fue de tipo aplicada y diseño experimental, con incorporaciones de caucho del 3, 7 y 10% en sustitución del árido fino, en tamaño de gránulos de 1 a 2.7 mm. Los resultados respecto a la resistencia a la compresión incrementaron entre 112.87% y 100.87% respecto a la muestra referencial, las pruebas de tracción diametral tuvieron su mejor comportamiento al 3% de inclusión de caucho en la mezcla, la prueba de flexión tuvo muestras positivas. Se concluye que incluir caucho reciclado en dosis mínimas mejora el comportamiento del concreto.

Beltran Campos, [23] en su título de grado nombrado “Efecto de la adición de caucho reciclado molido en 1%, 3% y 5%, en la resistencia a la compresión en un concreto  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , Ancash 2020” tuvo como finalidad analizar los efectos en la resistencia a la fortaleza a compresión del concreto al incorporar caucho reciclado. Este estudio contempló una resistencia diseño con dosis de caucho 1, 3 y 5%. Los resultados mostraron que, a los 28 días con las dosis de 1, 3 y 5% de caucho mostraron variaciones porcentuales de 99.2%, 96.5% y 89.2% respecto al concreto patrón. Finaliza que la

investigación sugiere incorporar hasta 1% de caucho reciclado para mejorar algunas características como la resistencia a la compresión del concreto.

Chinchano Poma, [24] en su tesis de pregrado titulado “Estudio experimental de la resistencia mecánica a la compresión del concreto adicionado con residuos de llantas de caucho, Huánuco 2019”, tuvo como propósito analizar un comparativo del concreto patrón y concreto elaborado con llantas de residuos, reemplazando el árido fino en volumen, la metodología es una investigación descriptiva, y diseño experimental. Los resultados mostraron que la sustitución al 0, 10 y 20% de árido por caucho que la resistencia a la compresión tuvo valores de 268.01, 279.18 y 232.98 kg/cm<sup>2</sup> para 28 días de curado. Se concluye que el comportamiento con caucho reciclado, pero se sugiere emplearlo en concreto no estructural. Sin embargo, la adición de 10% menor a la resistencia del concreto convencional a los 28 días.

García Vasquez, [25] en su informe de investigación titulado “Influencia de la adición del caucho granulado en 5%, 10% y 15% en la resistencia a compresión y flexión del concreto para la utilización en obras de ingeniería, Lima 2020” tuvo como objetivo central evaluar la influencia del caucho granulado en las propiedades mecánicas del concreto. Las pruebas físicas de los áridos utilizados mostraron ser de calidad de la cantera Arenera. Los resultados de resistencia a compresión con 5, 10 y 15% de caucho disminuyeron en 2.08%, 16.25% y 17.50%, sin embargo, respecto al diseño fc:210 kg/cm<sup>2</sup>, la única dosificación representativa es al 5% de caucho con una diferencia menor del 11%. La resistencia a flexión muestra una mejora con un aumento del 4% en muestras con 5 y 10% de caucho respecto a los 28 días de curado. Se concluye que solo la muestra al 5% de adición de caucho mostró una mejora significativa en el concreto estructural.

Cabanilla Huachua, [26] en su trabajo de tesis nombrado “Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado”, tuvo como finalidad determinar el comportamiento mecánico del concreto elaborado con la incorporación de partículas de caucho reciclado en la ciudad de Cajamarca. El estudio se basa en un

diseño convencional 0% y con el efecto de caucho al 10, 15 y 20%. Los resultados mostraron que el peso unitario decreció de 2294 hasta 2166 kg/m<sup>3</sup> respecto a 0 hasta 20% de caucho, la fuerza compresiva en el patrón fue de 209 kg/cm<sup>2</sup> y con 10, 15 y 20% fue de 191, 129 y 112 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días de rotura siendo unas variaciones se redujeron de 8.47%, 38% y 46%, respectivamente.

Castro Montoya [27] en su tesis denominada "Comportamiento del concreto incorporados materiales reciclados como caucho desmenuzado y vidrio sódico a temperaturas altas" donde plantea como comportamiento del concreto incorporados materiales reciclados como caucho desmenuzado y vidrio sódico a temperaturas altas. Concluyendo que: según un análisis realizado a los materiales utilizados en el siguiente concreto se obtiene que el caucho tiene 14.448 ppm de Plomo, 1.256 ppm de Cromo y 0.189 ppm de Cadmio. A diferencia, el vidrio utilizado contiene 73.11 % de sílice, 12.55 % de sodio y 9.94 % de calcio. Los resultados obtenidos en laboratorio fueron satisfactorios ya que las pruebas realizadas con los materiales incorporados cumplieron con lo establecido en la NTP.

En la presente investigación se busca realizar un análisis a un concreto incorporando caucho desmenuzado reciclado en 10%, 15%, 20% y 25% con el propósito de enriquecer las propiedades del concreto incorporando caucho desmenuzado, esto también reduce la contaminación medio ambiental, ya que actualmente no se utiliza de manera oficial el caucho desmenuzado en las construcciones estructurales. La presente investigación se ve justificada tecnológicamente debido a la importancia de producir nuevos materiales de construcción, en este caso de concreto haciendo empleo de caucho desmenuzado logrando obtener igual o mejores resistencias a la compresión, tracción y flexión, comportamientos adecuados del concreto en sus diferentes aplicaciones de obras civiles. En la actualidad las edificaciones construidas han tenido un gran porcentaje de incremento a comparación de años anteriores a pesar de las dificultades ocurridas por la Covid-19, existe la probabilidad de ocurrencia de sismos de regular magnitud en el



cual el Perú tiene un gran rango de informalidades y las edificaciones corren riesgo ante estas eventualidades, es por ello que en esta investigación se busca lograr mejores resistencias del concreto y poder darle mejor estabilidad a las estructuras, teniendo entonces como una alternativa para su aplicación en la sociedad. Al término de esta investigación se buscará conocer los beneficios que logre el concreto con la incorporación del caucho reciclado, las cuales se tendrá las propiedades físico – mecánicas del concreto en mejores condiciones, obteniendo resistencias a compresión de 210 kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días.

## **1.2. Formulación del problema.**

¿Cuánto influye la incorporación de caucho desmenuzado en las propiedades físico - mecánicas del concreto?

## **1.3. Hipótesis.**

Al incorporar el caucho desmenuzado mejorará significativamente la caracterización de las propiedades físico – mecánicas del concreto, respectivamente.

## **1.4. Objetivos**

### **Objetivo general**

Analizar la caracterización de las propiedades físico - mecánicas del concreto incorporando caucho desmenuzado.

### **Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades físicas de los materiales empleados como los árido finos y gruesos.
- Obtener las propiedades físicas del caucho desmenuzado.
- Realizar el diseño de mezcla patrón y para el concreto incorporado caucho desmenuzado.

- Evaluar las propiedades físicas del concreto incorporando caucho desmenuzado en 10%, 15%, 20%, 25% en función del peso del cemento.
- Evaluar las propiedades mecánicas del concreto incorporando caucho desmenuzado en 10%, 15%, 20%, 25% en función del peso del cemento.

## **1.5. Teorías relacionadas al tema.**

### **Concreto.**

Material que se obtiene de resultado de la combinación de agregados (piedra y arena) agua, cemento y en ocasiones puede tener aditivos para mejorar ciertas características deseadas; en un inicio es tratado como un material plástico, manejable y moldeable, posteriormente adquirirá una consistencia rígida a través del proceso de fraguado, con la capacidad para soportar grandes cantidades de cargas, característica principal que lo vuelve un material de uso muy frecuente en obras civiles como las edificaciones [28].

En el momento en que el material cementante tiene contacto con el agua, se da inicio a una reacción química generando como resultado la unión de las partículas (agregados) para formar un material homogéneo.

### **Cemento.**

Conglomerante formado a partir de la pulverización del Clinker, que es el resultado de someter a altas temperaturas la arcilla y caliza, el cemento está compuesto de silicato tricálcico (establece la resistencia inicial), silicato bicálcico (detalla la resistencia del concreto a largo plazo), aluminato tricálcico (brinda la resistencia ante elementos externos), ferrito aluminato tetracálcico [28].

### **Tipos de cemento**

Los tipos de cemento son: (1) Cemento tipo I. conocido como cemento normal, es el tipo más usado en el rubro de la construcción, en las cuales no se aspira una

protección especial, o en lugares en los cuales el concreto no estará expuesto a climas extremos o sustancias perjudiciales. (2) Cemento tipo II. NTP. 334.009 cemento Portland, su uso es aplicable en lugares con moderada exposición a sulfatos y cloruros, o para casos en los cuales se requiera de un calor de hidratación moderado. (3) Cemento tipo III. Su uso se da cuando se requiere alcanzar una alta resistencia inicial. (4) Cemento tipo IV. Cemento con un calor de hidratación bajo, ideal para estructuras de grandes dimensiones. (5) Cemento tipo V. tiene como propiedad principal una resistencia elevada a los sulfatos [28].

### **Agua.**

Se puede hacer uso de agua potable y con una apariencia cristalina, se puede realizar algunos ensayos de ser necesario para verificar que esta se encuentre, libre de ácidos, azúcares, materias orgánicas, aceites que puedan perjudicar la estructura del concreto [21].

### **Agregados**

Pueden ser de origen natural los cuales se obtienen comúnmente a partir de la explotación de canteras y las zonas rivereñas, los agregados más usados son provenientes de los cantos rodados; y artificiales. Los agregados son unidos por la pasta formada a partir de la aplicación del cemento y agua; dentro del concreto ocupan un valor mayor a 60% del volumen [21].

### **Agregado fino.**

Conocido comúnmente como arena, es un material pétreo, y se define como tal al agregado que traspasa por la malla de 3/8" y se retiene en la malla N° 200, sus partículas serán duras, resistentes, compactas, estar libre de partículas dañinas para el concreto y tener perfiles preferentemente angulares [29].

**Tabla I**

Límites de granulometría según ASTM

<b>Malla</b>	<b>Porcentaje que pasa acumulativo</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

**Nota:** De ASTM C37 (2018)

### **Agregado grueso.**

Conocido como piedra chancada, se considera como tal a las partículas que queda atrapado en la malla Nº 4, se obtiene como resultado de la fragmentación o trituración de la roca, estas partículas deben ser duras, resistentes, compactas, tener un perfil preferentemente angular o semi-angulares y una textura rugosa [29].

Cuando ocurre un aumento del T.M.N. del agregado grueso, se disminuye el agua en la mezcla y la cantidad de mortero, generando como resultado un concreto con mayor resistencia, pero con una mezcla más propensa a generar vacíos en su interior.

### **Módulo de fineza.**

Es un cálculo matemático para ambos tipos de agregados, pero es de mayor importancia en el agregado fino, representa el tamaño medio que posee, está definido como

la centésima parte del porcentaje sumado que quedan acumulados en los tamices pertenecientes a la serie Standard, hasta el tamiz N°100 [29].

Abanto (2017) lo define como “La mediana de los agregados (...), el agregado es fino si el valor es bajo, cuando es alto será lo contrario” (p.93).

Para el caso de agregado fino, el valor deberá estar en un rango de 2.2 – 3.2, para concretos de segregación reducida y de buena trabajabilidad y el valor estará entre 2.2-2.8 y para concretos de alta resistencia el valor estará entre 2.8-3.2 (ASTM C37, 2018).

### Módulo de fineza

$$M. F. = \frac{\sum \text{ret. acum.} (1\frac{1}{2}''+3/4'' + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$$

**Ecuación 1. Módulo de fineza**

### **Tamaño máximo nominal.**

Correspondiente tamiz de menor tamaño de la colección Standard que retiene material. El T.M.N. no deberá ser mayor a (1) la quinta parte de la menor dimensión del encofrado, (2) tercera parte del espesor de las losas, (2)  $\frac{3}{4}$  entre barras sobre el espacio libre del acero de refuerzo (ASTM C37, 2018).

El concreto que posee un tamaño de agregado mayor necesitará menos cantidad de mortero.

### **Contenido de humedad ( $\omega$ )**

Es la porción de humedad que está presente en el interior de los agregados (ASTM C566, 2015).

$$\% \omega = \frac{H - S}{S} * 100$$

**Ecuación 2. Contenido de humedad**

Donde:

%  $\omega$  = porcentaje de humedad.

H = peso de la muestra húmeda.

S = peso de la muestra en estado seco.

### **Absorción.**

Esta se define como la cantidad de líquido que el agregado requiere para pasar al estado superficialmente seco saturado desde que se encuentra seco (ASTM C127, 2012).

$$\% a = \frac{D - S}{S} * 100$$

#### **Ecuación 3. Absorción**

Donde:

%  $a$  = % de absorción del agregado.

D = peso de la muestra saturado y superficialmente seco.

S = peso de la muestra en estado seco.

Es la diferencia del porcentaje de absorción y el contenido de humedad presente en el agregado, se presentan dos casos.

Caso 1: si % $\omega$  > %  $a$

En este caso el agregado posee una humedad la cual aportará a la mezcla, por lo que en el diseño de la misma debe considerarse una disminución del agua [28].

Caso 2: si % $\omega$  < %  $a$

Para esta situación el agregado absorberá una cantidad de agua perteneciente al de la mezcla, por lo que se debe considerar añadir agua a la mezcla con la finalidad de no perjudicar el agua de diseño [28].

### **Dosificación de materiales**

El concreto se debe diseñar de tal forma satisfaga de forma adecuada las exigencias de la estructura.

El método usado es el ACI.211, el diseño está en base a la  $f'c$  que se desee alcanzar más un valor añadido para garantiza que se alcance lo exigido, tomando en cuenta las propiedades que poseen los agregados (ACI 211.1, 1993).

### **Proceso de hidratación.**

Conjunto de reacciones químicas que se desarrollan como resultado del contacto del agua con el material cementante, el proceso lleva al cemento a ser un material aglutinante, cuando se trabaja en climas cálidos, se debe controlar la temperatura del concreto durante el proceso de hidratación, esta actividad es posible mediante la realización de un curado al concreto [28].

Al estar en contacto el cemento con el agua se producen dos reacciones iniciales interviniendo el silicato de calcio (ocupa el 75% del peso de cemento) produciendo el gel de tobermorita e hidróxido de calcio (constituye un 66.6% y 33.3 % del peso de silicato de calcio respectivamente); las dos siguientes reacciones lo producen el ferroaluminato tetracálcico y el aluminato tricálcico, y como última reacción es la que produce el yeso, que es responsable de controlar el fraguado [28].

La rapidez con que se producirá la hidratación, está directamente relacionada finura que posee el cemento, por lo que en la mayoría de cementos sus partículas son muy finas para lograr una aceleración en la hidratación de la mezcla [23].

También se relacionan otros factores como la temperatura ambiente, temperatura del concreto y la relación a/c; en este proceso se pueden definir los estados siguientes:

### **Plástico.**

Primer estado del concreto, es una masa, con características blandas, que permiten trabajarlo y moldear lo de acuerdo a lo deseado; si aumenta las partículas de cemento en concentración, si hay una baja relación de agua – cemento, por tanto, la estructura del producto de hidratación es mucho más resistente en este estado se puede observar las propiedades como consistencia, trabajabilidad, segregación [28].

### **Fraguado inicial.**

Etapa en la cual se presenta un incremento de las reacciones químicas como resultado del proceso de hidratación del cemento, en este estado se inicia el endurecimiento del concreto y la pérdida de su plasticidad, es decir el endurecimiento y la plasticidad del concreto son inversamente proporcionales a través del tiempo; “Es la fase en que se presenta el proceso exotérmico donde se produce, el calor de hidratación” [28].

Este proceso tiene una duración promedio de 3 horas, tiempo en el cual se producen diferentes reacciones químicas, propias del endurecimiento del concreto [28]

### **Fraguado final.**

Etapa que se presenta en el final del fraguado inicial, es aquí en el cual el concreto adquiere empieza a adquirir una forma rígida [28].

### **Endurecimiento.**

Estado en el cual el concreto adquiere una consistencia rígida como resultado al proceso de fraguado, adquiere características resistentes o de soportar cargas. Es considerado como el estado final de la masa o concreto fresco [28].

En los casos donde se presente un aumento de agua en la mezcla, esta se volverá propensa a disminuir su resistencia.



## Temperatura

Depende del calor en que se encuentren los materiales que formaran parte del concreto, además del calor que se libera durante el proceso de hidratación, en el caso de que la temperatura no se logre controlar se producirá fisuras en el concreto, por lo que realizar un curado es de gran importancia, sobre todo en losas [29].

Una temperatura mayor de la normal producirá una hidratación más rápida y provocará una aceleración del periodo de fraguado, esto ocasionará a largo plazo una resistencia del concreto más baja, si a la elevada temperatura se añade una baja humedad relativa del aire, se producirá una rápida evaporación de parte del agua de la mezcla.

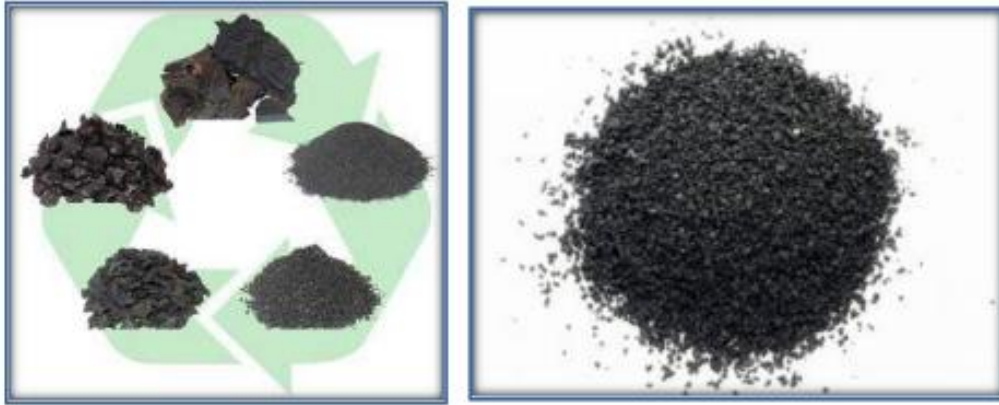
## Caucho

Los neumáticos reciclados se dividen en dos grupos como neumáticos de automóvil y de camión, por lo que son totalmente diferentes en sus propiedades (Gerges et al., 2018).

**Tabla II**  
*Composición típica de neumáticos reciclados*

Materiales	Composición en %	
	Autos	Camión
Caucho natural	14	27
Caucho sintético	27	14
Rellenos reforzantes	28	28
Acero	14	15
Antioxidantes y rellenos	17	16

**Nota:** Extraída de [24]



**Fig. 1.** *Tamaño de granulo de caucho triturado en el mercado*

**Nota:** Obtenida según [24]

Los neumáticos reciclados que se trituran para ser utilizados como áridos en hormigón de cemento se clasifican en tres categorías:

- a) Caucho astillado o triturado, empleado como árido recio, producto en dos etapas en tamaños (De 300 a 460 mm de largo por 100 a 230 mm de ancho) una posterior etapa de tamaño que oscila entre 13 y 76 mm, respectivamente [30].
- b) La miga de caucho, utilizada como árido fino, se produce por dos métodos: (a) a temperatura ambiente mediante molinos craqueadores y (b) a temperaturas inferiores a 80 C utilizando nitrógeno líquido mediante un proceso criogénico, para producir tamaños de partícula que oscilan entre de 4,75 mm a < 0,075 mm [30]
- c) Caucho molido fino es empleado como árido muy fino, tamaño que van desde 0.5 hasta tan solo 0.075 mm realizado en molienda húmeda [30].

### **Caucho como agregado para la elaboración de concreto**

En algunos países el caucho reciclado se ha introducido como material para la construcción como una medida ambiental, el caucho es triturado por medio de un proceso mecánico, hasta llegar a pequeños fragmentos

Debido a que el caucho se usará en partículas pequeñas, entonces se tomará como reemplazo del agregado fino [31].

**Tabla III**

*Composición química del caucho*

<b>Composición química</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Contenido de caucho	55 ± 5	%
Negro de carbono	32 ± 3	%
Extracto Acétonico	10 ± 3	%
Cenizas	5 ± 3	%

**Nota:** Tabla obtenida de [32]

### **Propiedades físicas del caucho**

**Tabla IV**

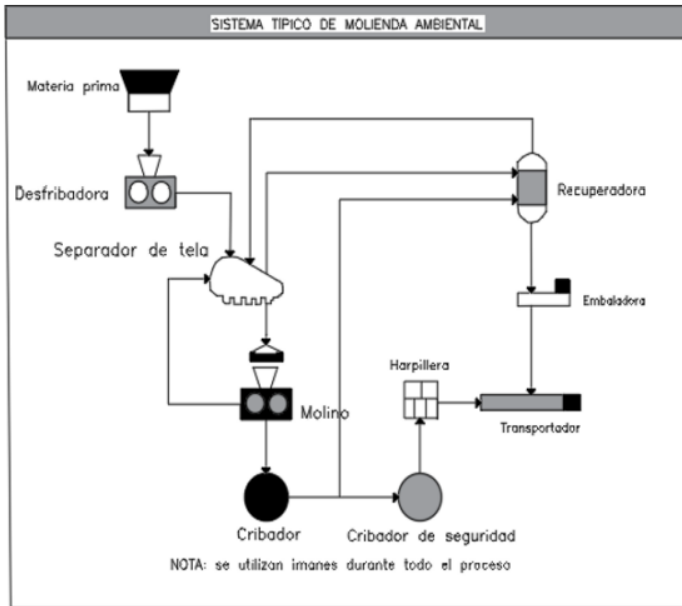
*Propiedades físicas del cauchoades*

<b>Propiedades físicas</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Dureza	65 ± 5	A (shore)
Peso específico	1.15 ± 0.02	Kg/dm <sup>3</sup>
Densidad Aparente	0.45 ± 0.05	Kg/dm <sup>3</sup>
Contenido de Agua	<0.75	%

**Nota:** Obtenida según [32]

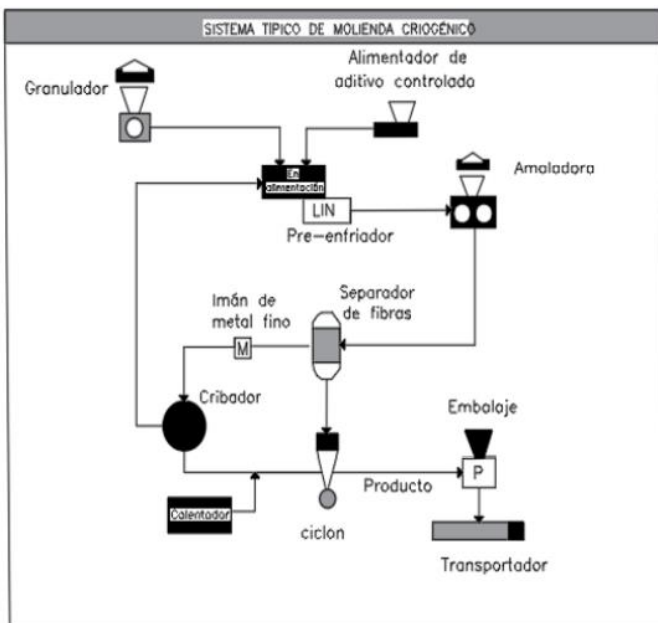
### **Procedimiento de molienda de caucho**

Respecto lograr los áridos de caucho de los neumáticos existen dos procedimientos a) molienda mecánica a la temperatura ambiente y b) molienda criogénica a una temperatura por de la transición vítrea.



**Fig. 2.** Esquema de la molienda de caucho

**Nota:** Esquema obtenida según [33]



**Fig. 3.** Esquema de molienda criogénica

**Nota:** Esquema obtenida según [33]

## II.MATERIALES Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

Con enfoque cuantitativo, teniendo la necesidad de medir y estimar la magnitud de los fenómenos y problemas de investigación estudiados, en nuestra investigación se busca determinar las magnitudes de las propiedades físico -mecánicas del concreto incorporando caucho desmenuzado.

#### 2.1.1. Tipo de investigación

De acuerdo al desarrollo que se ha realizado es de tipo aplicada – Tecnológica, debido que se busca tener nuevas alternativas de solución practicas a los problemas existentes, tomando iniciativa para posteriores investigaciones que se puedan realizar [34].

#### 2.1.2. Diseño de investigación

La investigación realizada tiene un diseño cuasi-experimental donde se manipula la variable independiente con la finalidad de evaluar los efectos en la variable dependiente, mediante el análisis causa-efecto [34].

### 2.2. Variables y Operacionalización

#### ➤ Variable independiente

V1: caucho desmenuzado

#### ➤ Variable dependiente

V2: propiedades físico - mecánicas del concreto

## 2.2.1. Operacionalización de variables

**Tabla V**

*Operacionalización de variable independientes*

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
<b>V1: Caucho en desmenuzado</b>	Caucho astillado o triturado, empleado como árido recio, producto en dos etapas en tamaños (De 300 a 460 mm de largo por 100 a 230 mm de ancho) una posterior etapa de tamaño que oscila entre 13 y 76 mm, respectivamente [30].	caucho se ha procedido a reclutar neumáticos en condiciones deplorables, que ya no tendría uso, parte de ello se ha conseguido en puntos de eliminación y otra parte contactando puntos de mantenimiento de vehículos.	Propiedades físicas	Gravedad específica	gr/cm <sup>3</sup>	Fichas de las normas	Gr/cm <sup>3</sup>	Independiente	Razón
				Absorción	%		%		
				Tamaño máximo nominal	mm.		mm		
			Proporciones	10	%	Kg/cm <sup>2</sup>			
				15	%				
	20	%							
	25	%							

**Tabla VI**

*Operacionalización de variable dependientes*

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Instrumento	Valores finales	Tipo de variable	Escala de medición
<b>V2: Propiedades físico - mecánicas del concreto</b>	Actualmente la utilización del caucho reciclado se ha venido utilizando de diferentes formas en las construcciones como en la pavimentación, pero en el Perú aún no es aplicado en ningún sistema estructural, de tal manera que es innovador estudiar las propiedades físico-mecánicas del caucho y la aplicación del mismo al concreto.	Tener en cuenta el proceso de ensayos realizados a los materiales extraídos de cantera para poder determinar sus propiedades físico-mecánicas, de forma adecuada y en cumplimiento con las normativas correspondientes	Características técnicas de los materiales	Módulo de fineza	-	Fichas de las normas	Kg/cm <sup>2</sup>	Dependiente	Razón
				Tamaño máximo nominal	<b>Pulg.</b>				
				Tipo de cemento	<b>MS</b>				
			Slump	<b>Mm</b>					
			Propiedades físicas	Temperatura	<b>°C</b>				
				Peso unitario fresco	<b>Kg/m<sup>3</sup></b>				
	Propiedades mecánicas	Resistencia a la compresión	<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>						

## **2.3. Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

### **2.3.1. Población.**

La población de estudio para la presente investigación son los testigos de concreto elaborados los cuales serán sometido a ensayo de compresión, flexión y tracción, en sus resistencias de 210kg/cm<sup>2</sup> y 280 kg/cm<sup>2</sup>, cumpliendo con las normativas correspondientes.

### **2.3.2. Muestra.**

La muestra a estudiar está constituida por un total global de 270 probetas de concreto, de estas muestras 135 testigos de concreto fueron para la resistencia de 210kg/cm<sup>2</sup> para la realización de los ensayos de laboratorio ser sometidos a ensayos de compresión, flexión y tracción a los 7, 14 y 28 días de su fabricación, incorporando caucho desmenuzado, en porcentajes 10%, 15%, 20% y 25% en función al peso del cemento, la misma cantidad de testigos 135 fueron elaborados para la resistencia de 280kg/cm<sup>2</sup>. Asimismo, están etiquetados para dos grupos 1 y 2 correspondientemente, etiquetados como CP+10CD, CP+15CD, CP+20CD y CP+25CD, respectivamente.

Tal como se muestra en la Tabla 5, para cada grupo, esta ordenado para determinar las propiedades mecánicas establecidas y descritas según el etiquetado correspondiente.



**Tabla VII**  
*Descripción de los diseños experimentales en los grupos experimentales*

Grupo	Etiquetado	Descripción
Grupo 1	CP21	Concreto patrón $f'c:210\text{kg/cm}^2$
	CP21+10CD	Concreto patrón $f'c:210\text{kg/cm}^2$ adicionando 10% de caucho desmenuzado
	CP21+15CD	Concreto patrón $f'c:210\text{kg/cm}^2$ adicionando 15% de caucho desmenuzado
	CP21+20CD	Concreto patrón $f'c:210\text{kg/cm}^2$ adicionando 20% de caucho desmenuzado
	CP21+25CD	Concreto patrón $f'c:210\text{kg/cm}^2$ adicionando 25% de caucho desmenuzado
Grupo 2	CP28	Concreto patrón $f'c:280\text{kg/cm}^2$
	CP28+10CD	Concreto patrón $f'c:280\text{kg/cm}^2$ adicionando 10% de caucho desmenuzado
	CP28+15CD	Concreto patrón $f'c:280\text{kg/cm}^2$ adicionando 15% de caucho desmenuzado
	CP28+20CD	Concreto patrón $f'c:280\text{kg/cm}^2$ adicionando 20% de caucho desmenuzado
	CP28+25CD	Concreto patrón $f'c:280\text{kg/cm}^2$ adicionando 25% de caucho desmenuzado

### **Preparación de concreto y probetas**

La producción de concreto experimental de probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, vigas prismáticas de 150 mm ancho x 150 mm altura x 550 mm longitud se realizaron manualmente y se curaron mediante aspersion de agua después de 24

horas de fraguado ASTM C92M. Luego se curaron durante los días de rotura 7, 14 y 28 días, respectivamente.



**Fig. 4.** a) Asentamiento, b) resistencia a la compresión, c) resistencia a la tracción, d) resistencia a la flexión

### **Procedimiento de obtención de caucho desmenuzado**

El caucho desmenuzado (CD), el material residual extraído para este estudio se obtuvo de una planta llantera de neumáticos de la región de Lambayeque, estado de Perú, el CD tal como se muestra en la Figura 5. No se aplicó ningún tratamiento a la muestra adquirida y por lo tanto, se utilizó tal como se obtuvo de la fábrica en un proceso de trituración, luego fue tamizado y se utilizó el material pasante de la malla No 40, la composición física tal como el peso específico y la prueba de absorción del caucho desmenuzado se realizaron como algunas propiedades físicas.



**Fig. 5.** Caucho desmenuzado para el estudio experimental

## **2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

a) Observación directa: se analizará el comportamiento de la mezcla de concreto incorporado caucho desmenuzado, en su estado fresco y también endurecido mediante la observación.

b) Análisis de documentación: se empleará información relevante acorde a la investigación que se está desarrollando, mediante la revisión de diversas fuentes artículos científicos, de revisión, tesis doctorales, tesis de grado, libros, normativa vigente.

### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

a. Guía de observación: se realiza mediante formatos de cálculo proporcionado por el laboratorio, donde se procesará todos los datos obtenidos durante la realización de los ensayos que se llevaron a cabo para el desarrollo de la investigación.

b. Análisis de documentación: El análisis de documentos se tienen a cada normativa utilizada en la realización de los ensayos de laboratorio, tanto normas internacionales como de la American Society for Testing and Materials "ASTM", y normas nacionales como las Normas Técnicas Peruanas "NTP"; en estas se detalla los procesos y los cálculos a seguir para la obtención de resultados en los ensayos.

## **2.5. Procedimiento de Análisis de Datos**

El desarrollo del estudio sufrió diversas etapas para la realización de inicio a fin, tal como se observa en la siguiente figura.

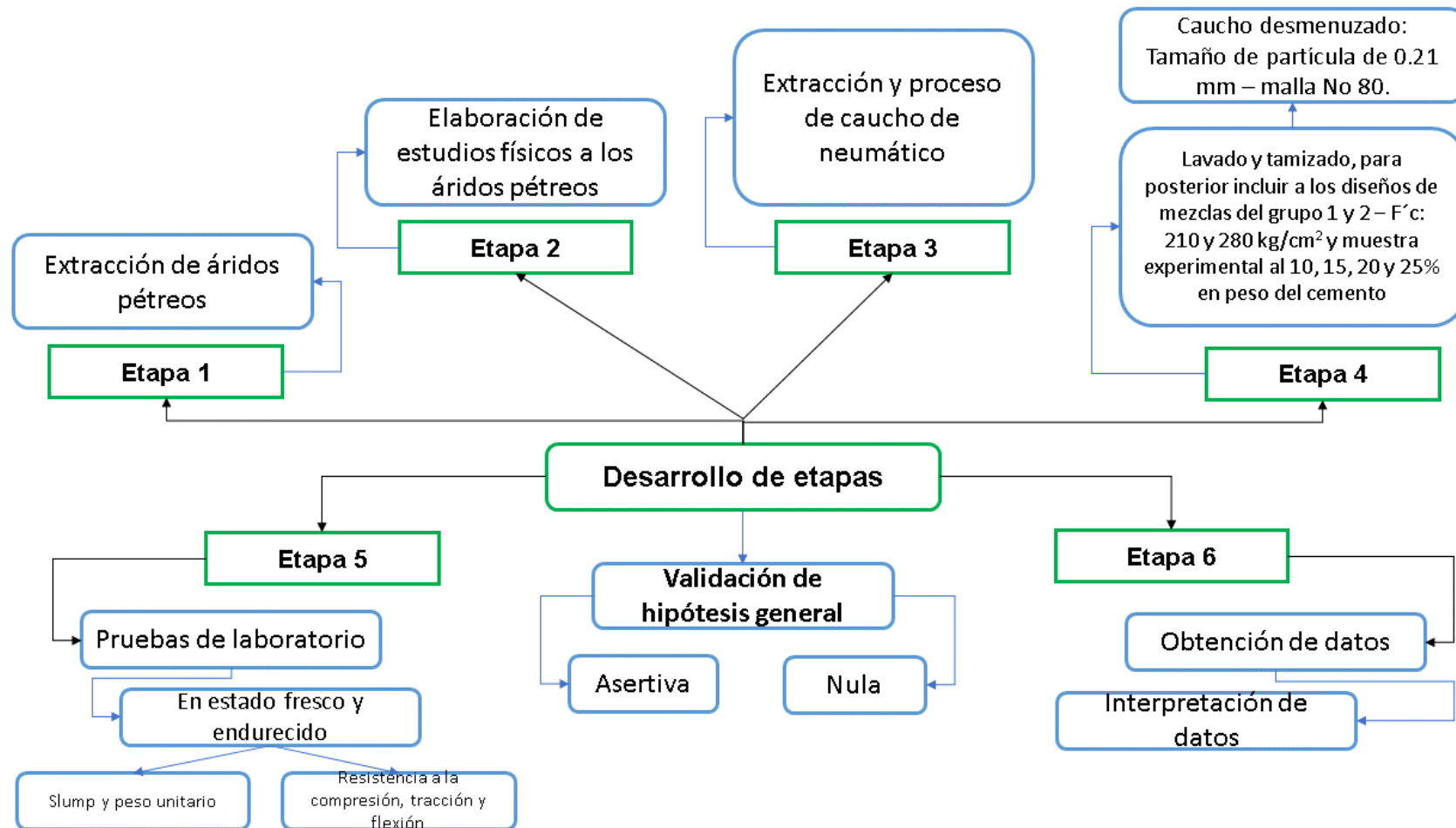


Fig. 6. Flujo de procesos

## 2.5.1 Descripción del Proceso

Dentro de los primeros pasos realizados para la investigación es conocer la cantera donde podamos extraer los materiales, donde se ha considerado las canteras La Victoria para agregado fino y Cantera Pacherrerres para el agregado Grueso, en cuanto al caucho se ha procedido a reclutar neumáticos en condiciones deplorables, que ya no tendría uso, parte de ello se ha conseguido en puntos de eliminación y otra parte contactando puntos de mantenimiento de vehículos.



**Fig. 7.** Ubicación de Cantera La Victoria.

**Nota:** Obtenida de **Google Earth (2023)**



**Fig. 8.** Ubicación de Cantera Pacherrerres.

**Nota:** Obtenida de Google Earth (2023)

## **Agregados**

**Fino:** Material proveniente de la cantera La Victoria, a la cual se trasladó mediante el empleo de una unidad vehicular (Camioneta), hasta la ubicación del laboratorio LEMS W&C EIRL, donde se realizó sus respectivos ensayos, como granulometría, Peso Unitario, Contenido de Humedad, Peso específico y Absorción, los cuales permitirá conocer las características del material a emplear y lograr realizar el diseño adecuado mediante la incorporación de caucho desmenuzado.



**Fig. 9.** *Acopio del agregado fino en Laboratorio*

**Piedra Chancada:** Material proveniente de la cantera La Pacherez, a la cual se trasladó mediante el empleo de una unidad vehicular (Camioneta), hasta la ubicación del laboratorio LEMS W&C EIRL, donde se realizó sus respectivos ensayos, Tamaño máximo Nominal, Peso Unitario, Contenido de Humedad, Peso específico y Absorción, los cuales permitirá conocer las características del material a emplear y lograr realizar el diseño adecuado mediante la incorporación de caucho desmenuzado.



**Fig. 10.** Acopio de Piedra Chancada en Laboratorio

### **Caucho desmenuzado:**

Se obtuvo de la trituración de los neumáticos recolectados de puntos de eliminación y también de talleres mecánicos que tenían en almacén neumáticos sin uso y desintegrados, mediante una máquina trituradora de neumáticos se pudo obtener un material adecuado, y logra ser empleado en la investigación como parte del diseño de un concreto el cual puede ser empleado en diversos en el ámbito de la construcción.

El proceso de caucho desmenuzado se obtuvo luego de una trituración en la máquina trituradora durante 40 a 50 minutos aproximadamente. Luego se recolectó el material y se tamizó por las mallas pertenecientes al árido fino utilizando solo el material retenido de la malla No 80, recolectando caucho desmenuzado de tamaño de (0.21 mm aproximado).



**Fig. 11.** Lugares de recolección de neumáticos para su posterior procesado.



**Fig. 12.** *Obtención del caucho desmenuzado, listo para poder ser empleado.*

**Tabla VIII**  
*Cantidad de caucho desmenuzado por peso de caucho en bruto*

Descripción	Triturado (kg) 30 minutos
En 10 kilogramos de caucho	8.3
En 3 neumáticos de automóvil	13.11

**Cemento:**

El cemento empleado para la investigación de la marca comercial QUNA Tipo I, la cual fue comparado las características y beneficios que ofrece cada uno de los productos, de los cuales se elegido QUNA, por ser una marca comercial de mayor aplicación en el sector construcción a nivel nacional.

**Agua:**

Se a empleado agua potable para el desarrollo de los especímenes de concreto elaborados, contando con conexión directa de la red pública hasta el Laboratorio LEMS W&C, la cual tiene abastecimiento de la red adecuada de Epsel.



## Ensayos Realizados a Los Materiales

### Granulometría

Con la finalidad de conocer sus características del material se ha procedido a pasar por el juego de tamices un peso de 1034.98 gramos de material seco.

Cumpliendo con la cantidad mínima establecida por la normativa, detallada en Tabla 1 del MTC E 201.

**Tabla IX**

*Cantidades mínimas de material empleado para el análisis granulométrico de acuerdo a la MTC E 201.*

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

**Nota:** Obtenida de la ASTM C33 (2018)

### Equipos

- Balanza para Agregado Fino
- Balanza para Agregado Grueso.
- Estufa (Horno)

### Materiales

- ✓ Tamices
- ✓ Cucharón.

- ✓ Recipiente Metálico

## Proceso de Desarrollo

De acuerdo a lo establecido en la NTP 400.012 y la ASTM C 136, luego de tomar una muestra representativa proveniente del cuarteo realizado, se procede a colocar en la estufa a una temperatura uniforme de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  para secarla, esta muestra seca se llevara a tamizar por el juego completo de tamices establecidos por la normativa, ( $3/8''$ , N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100), de forma opcional se ha tenido en cuenta el tamiz N°200 y el fondo para retener finos en el caso exista, al tener los resultados del material retenido en cada tamiz se procede a procesar la información en gabinete, finalmente obteniendo el Módulo de fineza del material y su comportamiento granulométrico este dentro de lo requerido.



Fig. 13. Tamizado de agregado fino y grueso.

### **Peso Unitario suelo y compactado**

#### **Equipos**

- Balanza para Agregado Fino
- Balanza para Agregado Grueso.
- Varilla de acero liso de  $5/8''$  de diámetro y 60 cm de longitud.
- Recipiente cilíndrico de material Metálico, según lo establecido por la normativa.
- Regla metálica para nivelar los recipientes.

## **Materiales**

- ✓ Moldes de 4" para agregado fino
- ✓ Molde de 6" para Agregado Grueso.
- ✓ Cucharon.

## **Proceso de Desarrollo**

De acuerdo a lo establecido en la NTP 400.017 y ASTM C29, donde establece el procedimiento y parámetros para agregado fino y grueso, donde cada uno de ellos tiene un molde de diferente diámetro que corresponde al volumen menor para agregado fino y el volumen mayor para agregado grueso, se procede a tomar el peso de los moldes en la libreta de datos que se empleado en laboratorio, para el peso unitario del agregado fino se realizó tanto suelto como compactado, de la misma forma se ha realizado para el agregado grueso, la finalidad es determinar la masa por unidad de volumen o densidad, conociendo los vacíos que existan en los materiales a emplear, los resultados serán tomados y procesados en gabinete posterior al ensayo en laboratorio.



**Fig. 14.** *Determinación de masa por unidad de volumen de agregado Fino.*



**Fig. 15.** *Determinación de masa por unidad de volumen de agregado Grueso.*

### **Contenido de Humedad**

#### **Equipos**

- Balanza para Agregado Fino
- Balanza para Agregado Grueso.
- Fuente de Calor (Horno)
- Recipiente para la muestra de material Metálico, según lo establecido por la normativa.

#### **Materiales**

- Cucharón.

#### **Proceso de Desarrollo**

Según lo establecido en la NTP 339.185 y ASTM C566, se toma una muestra representativa de 560.15 gramos para ser colocado en el recipiente y llevado al Horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , luego de 24 horas, se procede a sacar la muestra, dejar enfriar y tomar su lectura, estos datos serán tomado y anotados en la libreta de recolección de datos empleado en laboratorio.



**Fig. 16.** *Muestra para determinar Contenido de Humedad en AF.*



**Fig. 17.** *Muestra para determinar Contenido de Humedad en AG.*

### **Peso Específico y Absorción**

#### **Equipos**

- Balanza para Agregado Grueso.
- Canasta con malla de alambre.
- Depósito de Agua.
- Tamiz N°4.
- Estufa.
- Matraz aforado.
- Molde cónico.

- Apisonador para ensayo de Superficiales de humedad.
- Recipiente Metálico resistente a altas temperaturas.

### **Materiales**

- Cucharon.
- Pipeta y Embudo

### **Proceso de Desarrollo**

de acuerdo a la normativa NTP 400.022 y ASTM C128, determina que las muestras sometidas a ensayo deben haber estado previamente seca a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , con el fin de obtener una masa constante, posteriormente se procede a someter a cubrir completamente en un recipiente con agua, el tiempo adecuado para estar sumergido es de 24 horas  $\pm$  4 horas, posteriormente a este tiempo transcurrido se procede a sacar el material y eliminar el agua, de tal forma de no perder los finos, se procede a dejar secar a temperatura ambiente, mediante un constante movimiento para tener finalmente un secado homogéneo.

Al tener ya la muestra en condiciones adecuadas, se procede a realizar la prueba de humedad superficial, se rellena el molde cónico y con el pisón dejando caer 25 veces a una altura de 5mm, medida verticalmente entre el pisón y la arena, luego de haber rellenado el cono por completo y haber enrasado, se retira el cono para verificar si el material aún conserva la forma del cono o se deja caer una ligera parte, que sería la humedad adecuada, representando que las condiciones de material están superficialmente seco, condición ideal del material. De este material se toma una muestra representativa de 500 gramos, el cual será introducido en el matraz aforado, se llena con agua hasta un 90% de su capacidad y posteriormente se agita de manera cuidadosa con el objetivo de eliminar las burbujas de aire, asegurando se haya eliminado las burbujas en su totalidad se procede a llenar por completo hasta llegar a la línea de 500cm<sup>3</sup>, esto será pesado y tomado nota de la lectura, para posteriormente verter en un recipiente metálico resistente a altas temperaturas y colocado al horno, luego de 24 horas, se procede a retirar la muestra seca y tomar lectura de su nuevo peso,

para luego realizar el cálculo de gabinete, obteniendo los resultados en los informes emitidos por el laboratorio donde se realizaron los ensayos respectivos.



**Fig. 18.** *Llenado De Molde Cónico.*



**Fig. 19.** *25 golpes con el piso a una altura de 5mm.*



**Fig. 20.** *Retiro de cono para determinar la condición superficialmente seca.*



**Fig. 21.** *Proceso de eliminación de burbujas de aire.*



**Fig. 22.** *Puesto al Horno para posterior lectura de muestra seca.*

## **Ensayos Realizados al Concreto en estado Fresco y Endurecido**

### **Concreto Fresco**

#### **a) Slump**

De acuerdo al procedimiento de acciones a tomar en la elaboración de especímenes de concreto diseñado, se toma lectura al Slump para cada uno de los diseños realizado, considerando para el concreto patrón, al concreto incorporado el 10% de Caucho, diseño con 15%, diseño con 20% y finalmente al diseño el cual tiene incorporado el 25% de caucho.





**Fig. 23.** Control de Slump, para determinar el estado de trabajabilidad.

**b) Peso Unitario del Concreto**

Para controlar el peso unitario del concreto se ha tomado muestras de cada uno de los diseños, procediendo al llenado de un molde de espécimen, el cual fue pesado posteriormente, este control se realiza en su estado fresco del concreto, control que se realizó para los 5 diseños realizados, concreto patrón, concreto con 10 % de caucho, concreto con 15% de caucho, concreto con 20% de caucho, concreto con 25% de caucho.

**c) Temperatura del Concreto Fresco**

Con la finalidad de tener un concreto adecuado y no exceder temperaturas superiores a los 70 grados en su estado endurecido, se ha podido manejar temperaturas en su estado fresco entre 25°C hasta 29.5°C, para los cinco diseños realizados, de esta forma se controla los agrietamientos que se puedan generar por la tensión térmica que puede presentarse en la superficie, así como también en la parte interna de la masa de concreto.

**d) Aire Atrapado**

En cada diseño elaborado se ha considerado un porcentaje de aire incorporado diferente, y se incrementó progresivamente desde 1.5%, hasta un 3.5%, considerando el diseño del concreto patrón, diseño de concreto incorporado el 10% de caucho, concreto incorporado el 15% de caucho, concreto incorporado el 20% de caucho y concreto incorporado el 25% de caucho.

## **Concreto Endurecido**

### **a) Compresión Axial**

Los especímenes elaborados serán sometidos a ensayo de carga axial, tanto a los del diseño patrón, como a los especímenes elaborados con la incorporación del 10%, 15%, 20%, 25%, de caucho incorporado, estos fueron ensayados a los 7 días, 14 días y 28 días respectivamente para cada diseño, tanto para un diseño patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup>, así como para un diseño patrón de 280 kg/cm<sup>2</sup>, estos resultados obtenidos en el laboratorio representan las resistencias alcanzadas de cada diseño, conociendo el comportamiento del diseño a medida que se le va incrementando el porcentaje de caucho, ensayo realizado bajo los parámetros establecidos en la NTP 339.034.

### **b) Flexión**

Dentro de los especímenes elaborados en la investigación, se elaboraron unidades que permitan conocer la resistencia a la flexión que tendrá el concreto patrón y los diseños contemplando la incorporación de caucho en sus diferentes porcentajes tanto para un diseño patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup>, así como para un diseño patrón de 280 kg/cm<sup>2</sup>, este ensayo fue realizado mediante un sistema de viga simplemente apoyada, con cargas aplicadas a los tercios del tramo, cumpliendo con lo estipulado en la NTP 339.078.

### **c) Tracción**

Para conocer el comportamiento del concreto en sus diferentes probables situaciones extremas, se a realizado los ensayos para determinar la resistencia a tracción simple de los diseños elaborados en esta investigación, para concreto patrón de 210 kg/cm<sup>2</sup>, as i como para concreto patrón de 280 kg/cm<sup>2</sup>, y sus diseños independientes incorporados el 10%, 15%, 20% y 25% de caucho desmenuzado, estos resultados fueron tomados lectura y procesados en gabinete, el ensayo fue realizado bajo los criterios y parámetros establecidos en la NTP 339.084.

## **2.6. Criterios Éticos**

Basado en el código de ética de la Universidad Señor de Sipán, la cual establece la investigación sea propia y se acredite la propiedad intelectual del investigador, teniendo en cuenta la información recopilada y aplicada como citas y referencias de este producto, datos importantes que aportaron para llegar al objetivo trazado (Vicerrectorado de Investigación USS, 2019).

Se acredita que la información de datos recolectados son de fuentes confiables que aportaron al desarrollo teórico de la investigación, también se puede acreditar que los datos procesados en gabinete, los cuales fueron obtenidos del Laboratorio LEMS W&C E.I.R.L., dichos resultados se obtuvieron de manera correcta, tomando en cuenta los criterios y parámetros normativos, para de esta manera logra obtener resultado verídico acercado a la realidad, información que será de mucha importancia para posteriores investigaciones que se tenga en la misma línea.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

En este apartado distribuye los resultados de cada objetivo específico para el desarrollo general, es así que los resultados se distribuyen de cinco objetivos específicos, tal como se muestra a continuación:

**Respecto al objetivo específico 1:** Determinar las propiedades físicas de los materiales empleados como los árido finos y gruesos.

Las muestras de árido pétreos (fino y grueso) utilizados para realizarse la caracterización física obtenidas de canteras de la zona del departamento de Lambayeque. La calidad mediante su gradación de ambas canteras estudiadas mencionó que se encuentran dentro de los Husos reglamentarios por la ASTM C33, respectivamente.

**Tabla X**  
*Propiedades de los áridos finos y gruesos*

Propiedades	Árido fino	Árido grueso	Normativa
Nombre de cantera	La Victoria	Pacherrez	ASTM C136
Tamaño máximo nominal	<No 4	3/4"	ASTM C32
Módulo de fineza	2.59	-	
Peso específico de masa (gr/cm <sup>3</sup> )	2.58	2.59	ASTM C128/C127
Peso unitario suelto (kg/m <sup>3</sup> )	1.50	1.41	ASTM C29
Peso unitario compacto (kg/m <sup>3</sup> )	1.63	1.53	ASTM C29
% de absorción	1.05	1.04	ASTM C128/C127
% contenido de humedad	1.2	0.4	ASTM C566

Como se observa en la tabla 7, los diferentes resultados son de la cantera del departamento de Lambayeque, respecto al árido fino según la ASTM C33 menciona que el módulo fino debe concentrarse entre  $2.1 \leq MF \leq 3.1$  con un máximo de 0.2, del estudio muestra un módulo de fineza de 2.59, siendo óptimo y de buena gradación C. En tanto, el árido grueso se encontró dentro de un tamaño máximo nominal de 19 mm y los requisitos mínimos que corresponden a un Huso 56.

**Respecto al objetivo específico 2:** Obtener las propiedades físicas del caucho desmenuzado.

Los resultados de las propiedades físicas del aditivo inclusor en las mezclas de concreto estructural, las distintas propiedades tomadas fueron la granulometría, peso específico y absorción del aditivo como es el caucho desmenuzado.

**Tabla XI**  
*Propiedades físicas del caucho desmenuzado*

Descripción	Tamaño nominal máximo (mm)	Peso específico (gr/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)
CD	0.21	2.54	0.12

Como se muestra en la tabla 10, el caucho desmenuzado tuvo una granulometría no homogénea, el tamaño considerado fue de 0.21 mm la cual no tuvo buena gradación debido a que las partículas se desmenuzaron y como consecuencia consideró un tamaño nominal máximo casi equivalente al de cemento el material retenido N°80. El peso específico obtenido fue de 2.54 gr/cm<sup>3</sup> y su absorción es muy mínima llegando al 0.12%, correspondientemente.

**Respecto al objetivo específico 3:** Realizar el diseño de mezcla patrón y para el concreto incorporado caucho desmenuzado.

Las proporciones de los grupos experimentales muestran los distintos materiales por metro cúbico, asimismo las distintas dosificaciones incorporando el caucho desmenuzado

para los grupos 1 que corresponden al diseño  $f_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y al grupo 2 correspondiente al diseño  $f_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>, correspondientemente. Asimismo, se muestran en la siguiente tabla 11 las proporciones de los materiales para el desarrollo de mezclas de concretos estructurales con caucho desmenuzado en distintos porcentajes.

**Tabla XII**  
*Cantidades por m<sup>3</sup> de muestras experimentales*

<b>Descripción</b>		<b>Cemento (kg)</b>	<b>Arena (kg)</b>	<b>Agregado grueso (kg)</b>	<b>Agua (L)</b>	<b>CD (kg)</b>
Grupo 1	CP21	364	837	868	253	0
	CP21+10CD	364	837	868	253	36.4
	CP21+15CD	364	837	868	253	54.6
	CP21+20CD	364	837	868	253	72.8
	CP21+25CD	364	837	868	253	91
Grupo 2	CP28	430	782	871	253	0
	CP28+10CD	430	782	871	253	43.0
	CP28+15CD	430	782	871	253	64.5
	CP28+20CD	430	782	871	253	86
	CP28+25CD	430	782	871	253	107.5

La  $r$  a/c del grupo 1 y 2 fue de 0.696 y 0.589, el tipo de cemento utilizado Tipo I QUNA con peso específico de 3.12 gr/cm<sup>3</sup>. Para la investigación desarrollada se realizaron un total de diez diseños de mezcla utilizando la metodología ACI 211.1, de los cuales se distribuyen como diseño de concreto patrón para resistencias de 210 kg/cm<sup>2</sup>, con una relación  $a/c$  de 0.696, para el diseño de concreto patrón de resistencia 280 kg/cm<sup>2</sup>, con una relación  $a/c$  de 0.589, a cada uno de estos diseños fueron modificados incorporando caucho desmenuzado.

**Tabla XIII**

*Precios por m3 de concreto convencional y incorporando caucho desmenuzado para una resistencia de 210 kg/cm2*

<b>COMPARACION DE COSTOS PARA CONCRETO</b>					
<b>COSTO CONCRETO PATRÓN F' C 210 POR 1m3</b>					<b>S/ 404.18</b>
Recursos:	Unidad	Cantidad	Cantidad a Emplear	Precio unitario	Parcial
<b>MATERIALES</b>					<b>S/ 394.08</b>
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	0.53	0.557	S/ 80.00	S/ 44.52
ARENA GRUESA	m3	0.52	0.546	S/ 50.00	S/ 27.30
CEMENTO QUNA TIPO I	Bls	9.73	10.217	S/ 31.50	S/ 321.82
AGUA	m3	0.186	0.186	S/ 2.36	S/ 0.44
CAUCHO TRITURADO	kg		0		S/ -
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>S/ 6.82</b>
OPERARIO	hh	1.000	0.3636	S/ 11.25	S/ 4.09
PEON	hh	1.000	0.3636	S/ 7.50	S/ 2.73
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					<b>S/ 3.28</b>
TROMPO(incl. Combust)	hm	1.000	0.3636	S/ 8.75	S/ 3.18
HERRAMIENTAS MANUALES %		%Mo	1.000	S/ 0.13	S/ 0.13
<b>COSTO CONCRETO F' C 210 POR 1m3 CON ADICION CAUCHO</b>					<b>S/ 405.22</b>
Recursos:	Unidad	Cantidad	Cantidad a Emplear	Precio unitario	Parcial
<b>MATERIALES</b>					<b>S/ 395.12</b>
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	0.53	0.557	S/ 80.00	S/ 44.52
ARENA GRUESA	m3	0.52	0.546	S/ 50.00	S/ 27.30
CEMENTO QUNA TIPO I	Bls	9.73	10.217	S/ 31.50	S/ 321.82
AGUA	m3	0.186	0.186	S/ 2.36	S/ 0.44
CAUCHO TRITURADO AL 10%	kg		1.0217	S/ 1.02	S/ 1.04
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>S/ 6.82</b>
OPERARIO	hh	1.000	0.3636	S/ 11.25	S/ 4.09
PEON	hh	1.000	0.3636	S/ 7.50	S/ 2.73
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					<b>S/ 3.28</b>
TROMPO(incl. Combust)		hm	1.000	0.3636	S/ 8.75
HERRAMIENTAS MANUALES %		%Mo	1.000	S/ 0.13	S/ 0.13

**Tabla XIV**

*Precios por m3 de concreto convencional y incorporando caucho desmenuzado para una resistencia de 280 kg/cm2*

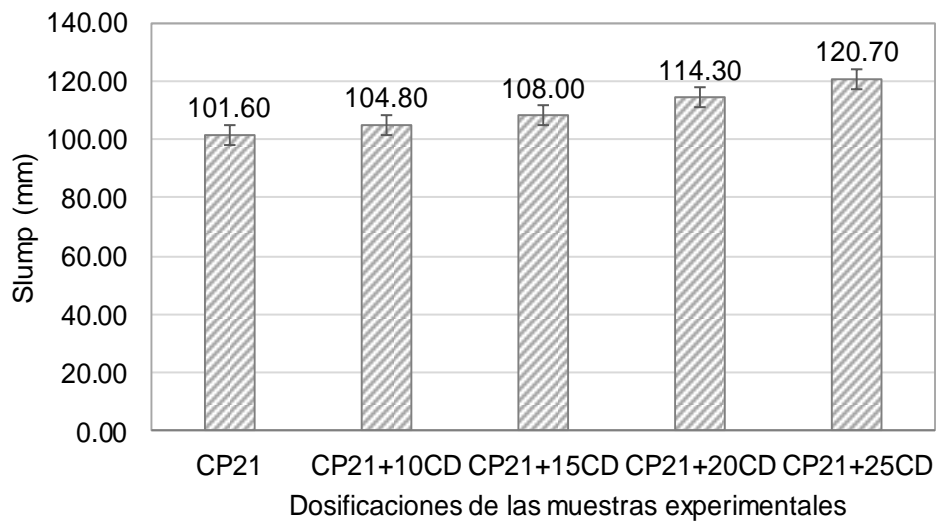
<b>COMPARACION DE COSTOS PARA CONCRETO</b>					
<b>COSTO CONCRETO PATRÓN F' C 280 PO 1m3</b>					<b>S/ 514.95</b>
Recursos:	Unidad	Cantidad	Cantidad a Emplear	Precio unitario	Parcial
<b>MATERIALES</b>					<b>S/ 508.13</b>
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	0.51	0.536	S/ 80.00	S/ 42.84
ARENA GRUESA	m3	0.45	0.473	S/ 50.00	S/ 23.63
CEMENTO QUNA TIPO I	Bls	13.34	14.007	S/ 31.50	S/ 441.22
AGUA	m3	0.189	0.189	S/ 2.36	S/ 0.45
CAUCHO TRITURADO	kg				S/ -
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>S/ 6.82</b>
OPERARIO	hh	1.000	0.3636	S/ 11.25	S/ 4.09
PEON	hh	1.000	0.3636	S/ 7.50	S/ 2.73
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					<b>S/ 3.28</b>
TROMPO(incl. Combust)		hm	1.000	0.3636	S/ 8.75
HERRAMIENTAS MANUALES %		%Mo		1.000	S/ 0.13
<b>COSTO CONCRETO F' C 280 POR 1m3 CON ADICION CAUCHO</b>					<b>S/ 520.19</b>
Recursos:	Unidad	Cantidad	Cantidad a Emplear	Precio unitario	Parcial
<b>MATERIALES</b>					<b>S/ 510.09</b>
PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3	0.51	0.536	S/ 80.00	S/ 42.84
ARENA GRUESA	m3	0.45	0.473	S/ 50.00	S/ 23.63
CEMENTO QUNA TIPO I	Bls	13.34	14.007	S/ 31.50	S/ 441.22
AGUA	m3	0.189	0.189	S/ 2.36	S/ 0.45
CAUCHO TRITURADO AL 10%	kg		1.4007	S/ 1.40	S/ 1.96
<b>MANO DE OBRA</b>					<b>S/ 6.82</b>
OPERARIO	hh	1.000	0.3636	S/ 11.25	S/ 4.09
PEON	hh	1.000	0.3636	S/ 7.50	S/ 2.73
<b>EQUIPOS Y HERRAMIENTAS</b>					<b>S/ 3.28</b>
TROMPO(incl. Combust)		hm	1.000	0.3636	S/ 8.75
HERRAMIENTAS MANUALES %		%Mo		1.000	S/ 0.13

**Respecto al objetivo específico 4:** Evaluar las propiedades físicas del concreto incorporando caucho desmenuzado en 10%, 15%, 20%, 25% en función del peso del cemento.

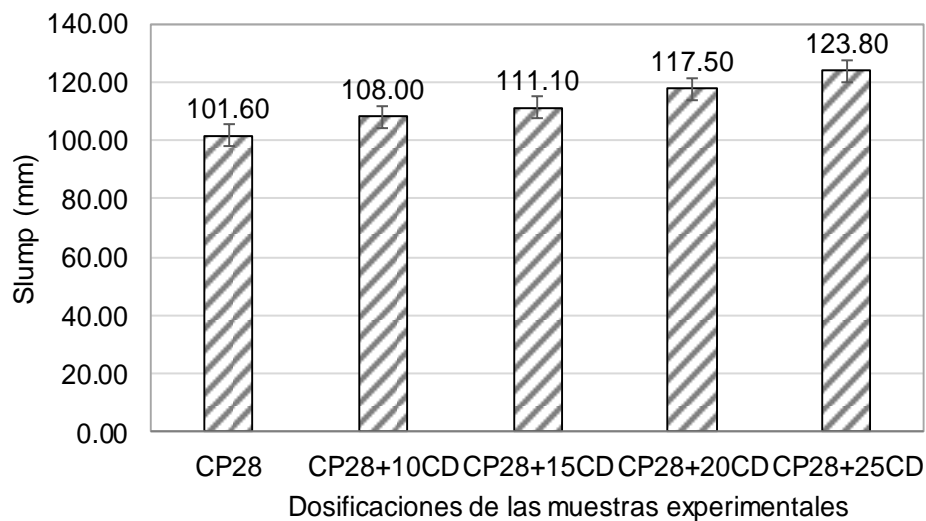


Las propiedades físicas contempladas en el estudio experimental fueron la trabajabilidad medida mediante el slump, el peso unitario en estado fresco, así se muestran en la siguiente figura.

### **Prueba de slump**



**Fig. 24.** Slump experimental para el diseño del grupo 1

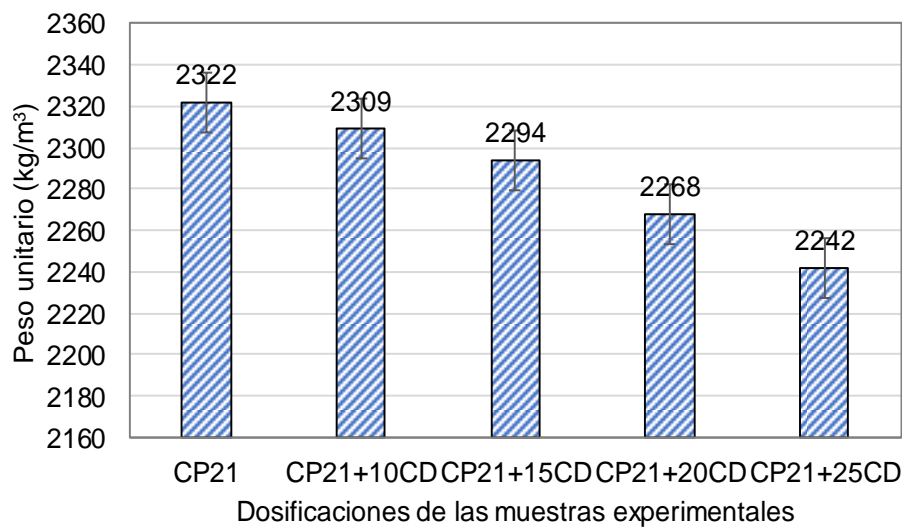


**Fig. 25.** Slump experimental para el diseño del grupo 2

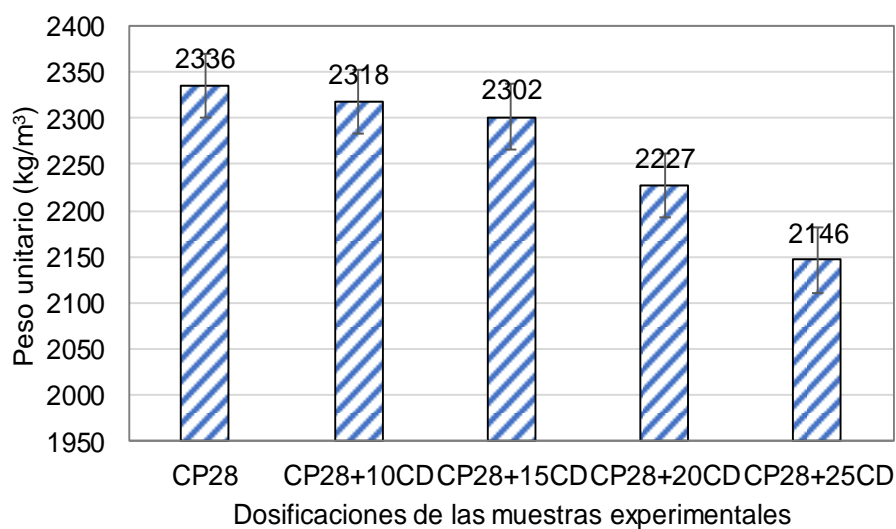
Respecto a la figura 24, según el procedimiento de ASTM C143 para ambos diseños debido a que el caucho desmenuzado no incorpora una facilidad de trabajo en el concreto

debido a que el rango mínimo es entre 3 a 4" o 76.2 a 101.6mm, respetivamente. Aumento porcentualmente en 103.15, 106.3, 11.5 y 118.8% respecto a la muestra C21. Por otra parte, en la figura 25 aumentó 106.3, 109.35, 115.65, 121.85% respecto a la muestra CP28. Esto se debe a que el CD no aporta trabajabilidad inclusive este material muestra una capacidad de absorción de 0.12%.

### **Peso unitario fresco**



**Fig. 26.** Peso unitario fresco experimental para el diseño del grupo 1

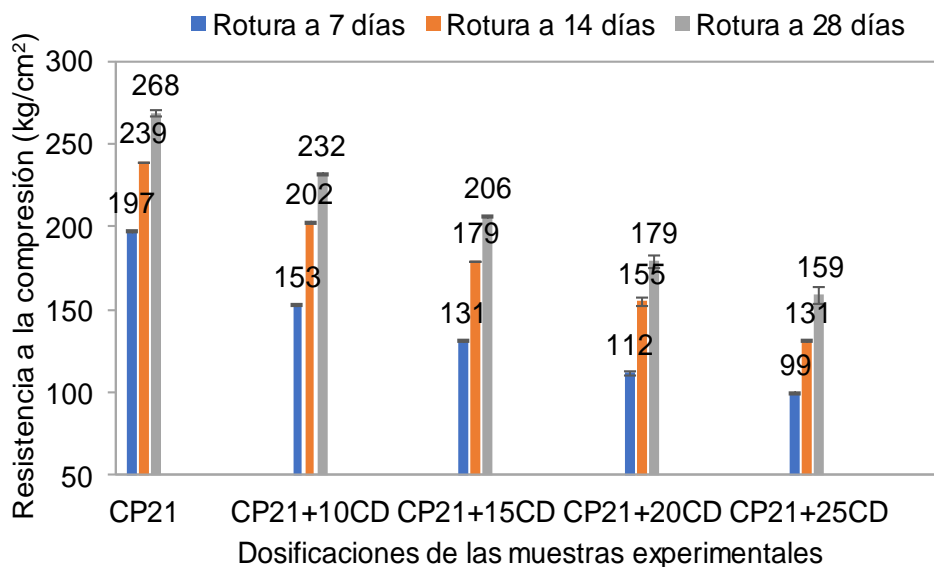


**Fig. 27.** *Peso unitario fresco experimental para el diseño del grupo 2*

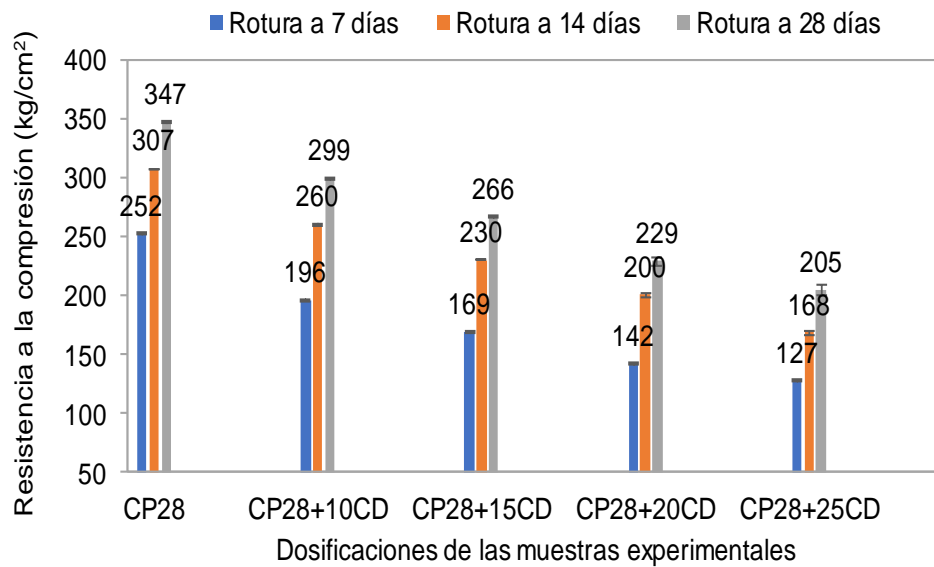
Respecto a la figura 26 , el peso unitario fresco redujo de una forma no significativamente con disminuciones porcentuales del -0.56, -1.21, -2.33 y -3.45% respecto a la muestra CP21. Por otro lado, la figura 27 el peso unitario también redujo porcentualmente de -0.77, -1.46, -4.67 y -8.13%, respectivamente. Esto se debe a que el peso específico del caucho desmenuzado es de 2.54 siendo menor que el peso específico de los árido e inclusive del cemento Portland. A mayor contenido de CD acumula mayor volumen desplazando a los demás componentes del concreto.

**Respecto al objetivo específico 5:** Evaluar las propiedades mecánicas del concreto incorporando caucho desmenuzado en 10%, 15%, 20%, 25% en función del peso del cemento.

**Resistencia a la compresión axial**



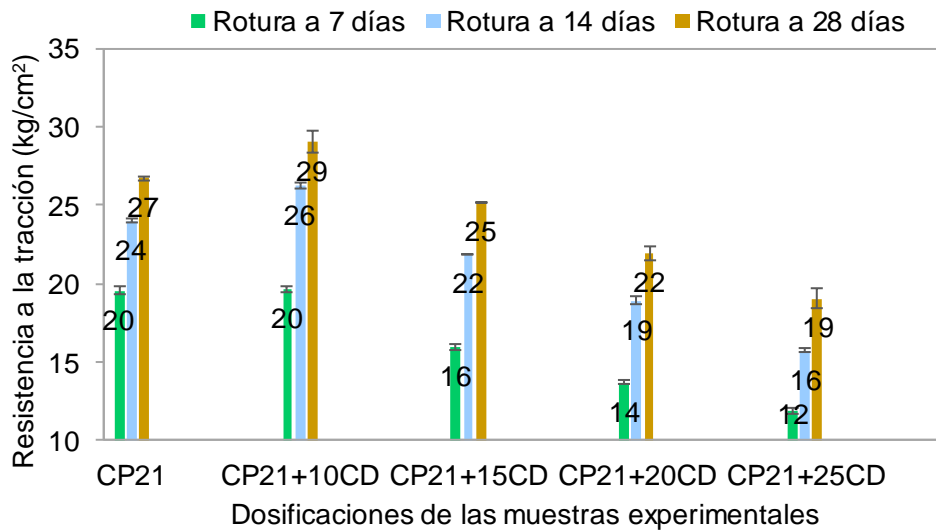
**Fig. 28.** Resistencia a la compresión experimental para el diseño del grupo 1



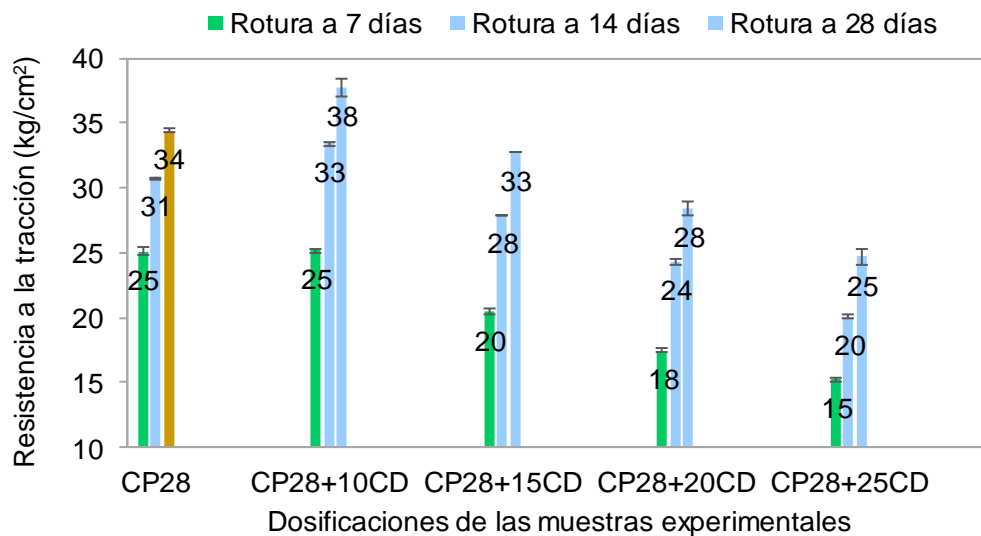
**Fig. 29.** Resistencia a la compresión experimental para el diseño del grupo 2

Respecto a la figura 28 , muestra que los resultados con dosis de CD influyen en la reducción de la resistencia a la compresión bajo parámetros de la ASTM C39, redujo porcentualmente en -14%, -23%, -33% y -40.9% respecto a la muestra CP21. En tanto en la figura 29 muestra los resultados disminuidos porcentualmente en -14%, -23.3%, -33.9% y -41% respecto a la muestra CP28. La resistencia se ve disminuida debido a por la interacción entre pasta y caucho desmenuzado la cual en su estado endurecido muestra un desprendimiento por falta de adherencia a diferencia de los árido pétreos y forma de textura correspondientemente, asimismo la resistencia de este material.

## Resistencia a la tracción



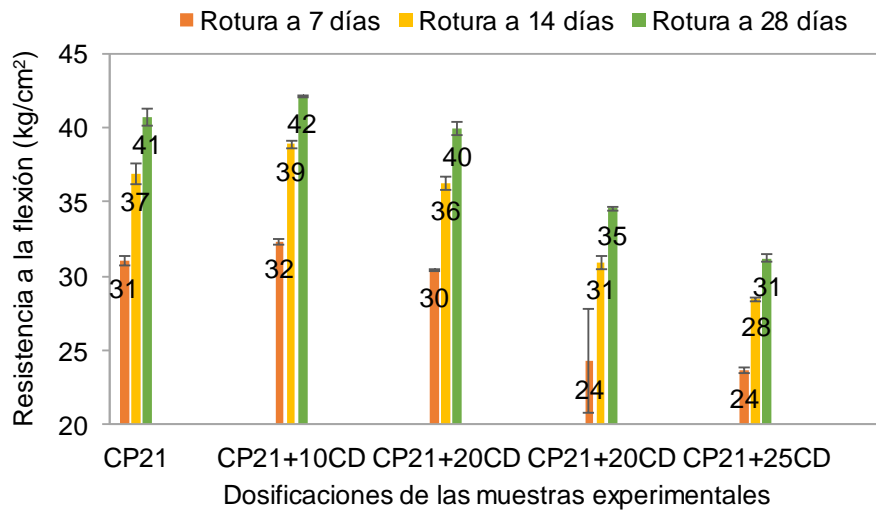
**Fig. 30.** Resistencia a la tracción experimental para el diseño del grupo 1



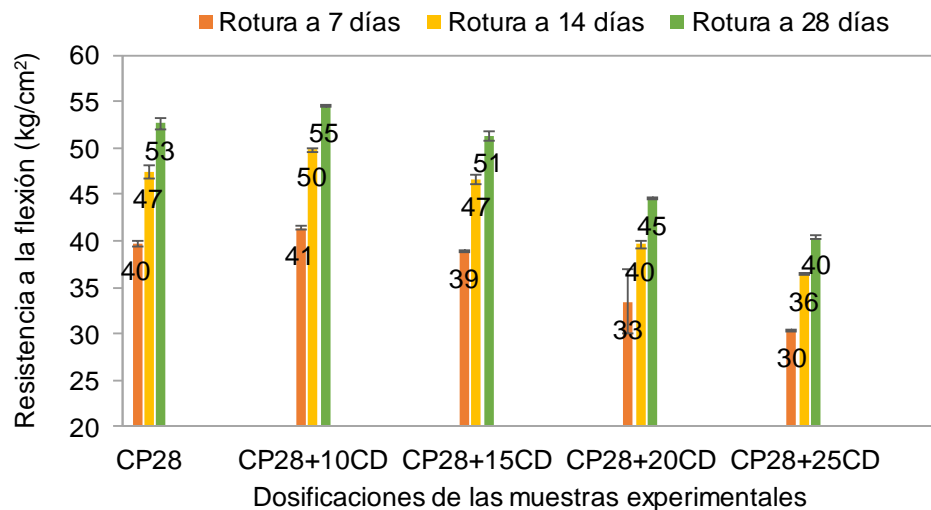
**Fig. 31.** Resistencia a la tracción experimental para el diseño del grupo 2

Tal como se muestra en la figura 30, respecto a la resistencia a la tracción según la ASTM C496, mostró que los tratamientos presentaron las siguientes variaciones porcentuales, 9%, -5.7%, 18% y 28.7% respecto a la muestra CP21. Para la figura 31 muestra las siguientes variaciones 9.6%, -5.03%, 17.4% y 28.3% respecto a la muestra CP28.

## Resistencia a la flexión



**Fig. 32.** Resistencia a la flexión experimental Para el diseño del grupo 1



**Fig. 33.** Resistencia a la flexión experimental Para el diseño del grupo 2

Como se muestra en la tabla 32 según los procesos de la ASTM C78, la resistencia a la flexión mostró incrementos y reducciones en la resistencia hasta un óptimo de 10%CD, muestra las siguientes variaciones porcentuales 3%, -2%, -15% y 23.4% respecto a la muestra CP21. En tanto, la figura 33, muestra las variaciones porcentuales 3.61, -2.47%, -15.3%, y -23.3% respecto a la muestra CP28. Muestra un incremento sustancial con la menor

dosis debido a que el CD actúa como micro fibras aportando a la ductilidad en el concreto, respectivamente.

### **3.2. Discusión**

En este apartado muestra debates comparando las similitudes o difiriendo estudios actuales internacionales y nacionales frente a resultados rescatados en este estudio sobre la incorporación de caucho desmenuzado respecto al peso del cemento en las mezclas de concreto estructural  $f_c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup> y  $f_c$ : 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. La hipótesis general muestra ser no aceptada debido a que no influye significativamente en todas sus dosificaciones, logrando demostrar no tener un efecto significativo en el comportamiento del concreto estructural. Sin embargo, puede utilizarse hasta un máximo de 10% de CD debido a que respeta la resistencia mínima de diseño de 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente.

**Respecto al objetivo específico 1**, determinar las propiedades físicas de los materiales empleados como los árido finos y gruesos.

Los resultados de agregados pétreos mostraron tener buena calidad como en su gradación o distribución granulométrica, para los agregado finos y gruesos, siendo las canteras pertenecientes del departamento de Lambayeque, respecto al árido fino se observó un módulo de fineza de 3.15 y para el árido grueso un tamaño máximo nominal de 19 mm, correspondientemente.

A comparación de otras investigaciones se muestran resultados muy similares mostrando estar en óptimas condiciones para ser empleadas en los diseños de mezclas de concreto según Condori (2021) muestra que los áridos se encuentran dentro de una gradación idónea pues tanto el árido fino respeta sus husos granulométricos o parámetros de la ASTM, y un módulo de fineza de 2.8 mostrando estar dentro de los rangos óptimos de la ASTM C33, y un tamaño máximo nominal de árido grueso de 19 mm respectivamente. Pues deben encontrarse en óptimas condiciones de calidad para ser empleados en el concreto tal como lo menciona García (2020).

**Respecto al objetivo específico 2**, obtener las propiedades físicas del caucho desmenuzado.

Las propiedades realizadas al caucho desmenuzados mostraron tener una granulometría no muy homogénea lo que representa que no existe heterogeneidad del material, pues tuvo un tamaño promedio de 0.21 mm, su gravedad específica de 2.54 y la capacidad de absorción es baja de un 0.12%, por lo que representa que el material no tiene esa capacidad de absorber significativa como si lo tienes los áridos o el cemento, respectivamente.

A comparación de los resultados del tesista, los valores de otros autores son similares como lo indica que el tamaño de la miga de caucho utilizada por Youssf et al. (2020) indicia que de 0.15 a 2.36 mm fue utilizado para elaborar concreto de 20, 25 y 32 MPa, respectivamente, comentaron que a mayor tamaño de partícula disminuye las características del concreto a compresión. Huanuco (2021) indicó haber utilizado tamaño de gránulos de caucho entre 1 a 2.27 mm para concreto de  $f'c$ : 210 kg/cm<sup>2</sup>. Por otra parte, emplearon tamaños de partícula de 300 a 600  $\mu$ m para su uso en el compuesto de matriz de cemento según [15]

**Respecto al objetivo específico 3**, realizar el diseño de mezcla patrón y para el concreto incorporado caucho desmenuzado.

Al respecto de otros estudios que están basados en normativas internacionales según los requisitos de la ACI 211 (1993), en donde estipulan las proporciones en peso y en volumen según las diversas características de los materiales componentes de la mezcla de concreto. Las proporciones con caucho desmenuzado en las mezclas con tratamiento según Imawaty et al. (2020) utilizó porcentajes en 0%, 10%, 20% y 30% para concreto de uso estructural de grado 20 MPa. Las proporciones utilizadas muestran dosificaciones en peso, en sustitución del árido fino, grueso o cemento, respectivamente. Por otra parte, Al-Dala'iuen (2020) comenta que la utilización de la metodología de ACI 211, en le diseño de mezclas es óptimo y de fácil realización para concretos con fracciones de caucho desmenuzado en 30%, 40% y 50% de reemplazo de árido grueso.



**Respecto al objetivo específico 4**, evaluar las propiedades físicas del concreto incorporando caucho desmenuzado en 10%, 15%, 20%, 25% en función del peso del cemento.

Las propiedades físicas del concreto como la trabajabilidad considerando el slump y la otra propiedad realizada por la prueba de peso unitario, mostraron variaciones significativas para ambos grupos experimentales con respecto a sus muestras con tratamiento, respecto al slump disminuye considerablemente a medida que aumenta las proporciones de CD, a mayor CD reduce su trabajabilidad y slump, el efecto es a convertirse en una mezcla seca. Por otro lado, el peso unitario en su estado fresco de tiende a reducir y esto se ve afectado en pruebas de resistencias debido a que reduce su resistencia mecánica, no obstante, sería viable en uso de concretos ligeros.

A comparación de los resultados de la investigación diversos autores muestran valores similares y otros difieren en el comportamiento con caucho en el concreto, según Albidah et al. (2022) la inclusión de residuos de migas de caucho de goma en reemplazo de árido fino al 0%, 20% y 40% se muestra que la trabajabilidad se reduce en un rango de 4% hasta 52.5%. Esto se demuestra con resultados similares que al incrementar las proporciones de caucho granulado en las mezclas de concreto se observan resultados de 10, 10, 9.5 y 8 cm para las dosis de 0%, 10%, 20% y 30% de caucho, correspondientemente como lo menciona Irwany et al. (2020). Sin embargo, tal como lo menciona Coquenaira (2022) para resistencia de 175, 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup> el slump muestra el un comportamiento distinto difiriendo con resultados anteriores ingresando polvo de caucho al 0, 10, 15, 20, 25 y 30% aumenta su trabajabilidad con valores de slump desde 2.37 hasta 8 cm, respectivamente. El peso unitario fresco muestra un aumento entre 2375 hasta 2423 kg/m<sup>3</sup> influyendo en una densidad de mayor predominancia por el incremento de rellenos. Según Rashid et al. (2019) para rango de resistencias de 30 y 60 MPa, la prueba del slump fue de 52, hasta 19 mm y la densidad de 2385 hasta 2045 kg/m<sup>3</sup> cuando se incorporó neumáticos reciclados en proporciones de 10, 20 y 30% en volumen al concreto.

**Respecto al objetivo específico 5**, evaluar las propiedades mecánicas del concreto incorporando caucho desmenuzado en 10%, 15%, 20%, 25% en función del peso del cemento.

Las propiedades mecánicas como la resistencia a la compresión, tracción indirecta y flexión, mostraron resultados por debajo del concreto referencial, los resultados con los tratamientos no presentaron aumentos por encima de la resistencia experimental de los concretos referenciales, sin embargo, si se compara con la resistencia de diseño o teórica el tratamiento que muestra mejoría es al 10% de CD, este ligero aumento se presenta debido a que el tamaño logra llenar vacíos en las mezclas, pero no muestra buena adherencia cuando comienza a ser sometida a su capacidad máxima.

A comparación de los resultados del tesisista, los valores de otros autores son diferentes y difieren como lo indica Arachchi et al. (2022) la alta tasa de mejoría en la resistencia a la compresión alcanzando hasta un 46.6 Mpa, 31.4 MPa y 37.5 MPa implementando 10% de árido grueso y 10% de goma de caucho incrementando hasta un 10.5%. Por otra parte, Aghamohammadi et al. (2022) mencionan que la incorporación de miga de goma de caucho entre 0 a 60% muestra mejoría en los resultados del concreto a la compresión axial, flexión y tracción de hasta un 12 a 18%, correspondientemente. No obstante, Clemente (2022) menciona que el reemplazo hasta el 8% de caucho triturado por árido fino posee valores superiores al concreto convencional. Logrando mejoría en la resistencia a la compresión de 315 hasta 134 kg/cm<sup>2</sup> y en la prueba de flexión una mejoría desde 51 hasta 28 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente contemplando dosificaciones que van desde el 0% hasta el 12% de caucho triturado.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

Se ha investigado las propiedades de resistencia a la compresión, tracción, flexión de las mezclas experimentales con CD para su probable aplicación en unidades de materiales de construcción y edificación. A partir de los resultados, se observó que hasta el 10% de adición de CD, se produce un aumento de la capacidad de resistencias mecánicas y propiedades frescas de las muestras investigadas. Las principales conclusiones del estudio son las siguientes:

De acuerdo a **Objetivo Específico 1**, se ha logrado seleccionar los materiales de cantera La Victoria y Pachерres, pertenecientes al departamento de Lambayeque, las cuales cumplen con las condiciones y parámetros normativos que corresponden, determinando el módulo de fineza de la arena, el cual fue de 3.15, para el agregado grueso un tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$ ", demostrando su buen comportamiento en los diseños patrón y los diseños modificados que cumplieron con la resistencia para la cual fueron diseñados.

De acuerdo a **Objetivo Específico 2**, se ha logrado conocer las propiedades del caucho desmenuzado, el cual tiene una forma desmenuzada, y un tamaño máximo nominal de 0.21 mm, peso específico de 2.54, la absorción de 0.12%.

De acuerdo a **Objetivo Específico 3**, logrando determinar la relación agua-cemento tanto del concreto patrón de  $210 \text{ kg/cm}^2$  con Ra/c de 0.696, para el diseño modificado adicionando el 10% de caucho desmenuzado con Ra/c de 0.679, para la adición de 15% con Ra/c de 0.667, para la adición del 20% con Ra/c de 0.651, para adición del 25% con Ra/c de 0.638 respectivamente, en tanto que para el concreto patrón de  $280 \text{ kg/cm}^2$  con Ra/c de 0.589, para el diseño adicionado el 10% de caucho desmenuzado una Ra/c de 0.556, para el 15% una Ra/c de 0.532, en tanto que para la adición de 20% y 25%, se lograron Ra/c de 0.513 y 0.489, de los cuales, han sido

controlados en las resistencias obtenidas para cada uno de los diseños, donde se puede aprobar la adición de caucho desmenuzado hasta un 15%, al adicionar porcentajes mayores se ha demostrado que no se logra las resistencias deseadas.

De acuerdo a **Objetivo Específico 4**, obteniendo resultados del comportamiento del concreto en su estado fresco, teniendo en cuenta que las adiciones de caucho desmenuzado. Respecto al grupo 1 la adición de CD presenta mayor trabajabilidad para la misma relación w/c que, de la matriz de concreto sin CD, un aumento porcentual de 103.15% hasta 118.80%, respectivamente. Además, el peso unitario una reducción de 0.56% hasta 3.45%. El grupo 2 mostró un aumento del slump de 106.30% hasta 121.85%, también el peso unitario decreció entre 0.77% hasta 8.13%, respectivamente.

De acuerdo a **Objetivo Específico 5**, se ha logrado concluir la investigación de manera exitosa al demostrando que las propiedades mecánicas del concreto son mejoradas hasta un límite de 10% de adición de caucho desmenuzado, posterior a este porcentaje se corre riesgo de tener resistencias menores a las deseadas. El grupo 1 mostró las variaciones porcentuales de la resistencia a compresión (-14%), tracción (9%) y flexión (3%), con la mejor dosificación al 10%CD. El grupo 2 mostró las variaciones porcentuales de la resistencia a compresión (-14.36%), tracción (9.6%) y flexión (3.61%), con la mejor dosificación al 10%CD. Con mayor dosis superiores al 10%CD reducen sus capacidades mecánicas considerablemente.

## 4.2. Recomendaciones

Tener en cuenta el proceso de ensayos realizados a los materiales extraídos de cantera para poder determinar sus propiedades físico-mecánicas, de forma adecuada y en cumplimiento con las normativas correspondientes, esto permite conocer las ventajas y desventajas que pueda brindar cada material de forma independiente, logrando de esta manera identificar con mayor facilidad los puntos de falla en los resultados finales de cada diseño y de la misma forma los controles en campo de acuerdo a su ámbito de aplicación y resultan en las siguientes sugerencias:

Se recomienda un estudio de calidad de los árido pétreos para seleccionar la cantera de mejor calificación en función a sus propiedades físicas y mecánicas de igual manera, ensayos de durabilidad.

Se recomienda realizar pruebas adicionales al caucho desmenuzado, para poder evaluar sus diferentes comportamientos y las ventajas y desventajas que pueda ofrecer al cambiar el diámetro de trituración, con la probabilidad que al ser un poco más pulverizado se tenga mejor comportamiento y reduzca el porcentaje de vacíos generados en los diseños, demostrados en esta investigación.

Se recomienda considerar cada uno de los parámetros necesarios y contemplar cada paso del diseño de mezcla realizado en gabinete, esto se logra realizando un adecuado procesamiento de datos recolectados en laboratorio referente a los ensayos de los materiales evaluados individualmente, para posterior toma de decisiones, obteniendo finalmente un diseño de mezcla adecuado

Se recomienda incluir algún aditivo superplastificante y analizar el comportamiento con este aditivo. Así mismo, realizar pruebas de tiempo de fraguado, permeabilidad, absorción y microscopia de barrido electrónico aportando en una mejor interpretación de los resultados con estas pruebas adicionales para futuras investigaciones.

Se recomienda realizar un pretratamiento con distintos métodos NaCl, lavado con detergente entre otras, e incluir algún aditivo que aporte en la resistencia a la compresión con algún nanosílice respectivamente. Además, incluir pruebas de durabilidad para incrementar y tener una viabilidad técnica en el uso de viviendas unifamiliares para determinados fines. Aun así, se recomienda el menor uso de CD hasta el 10% debido que a mayor inclusión presenta falencias en su comportamiento mecánico.

## REFERENCIAS

- [1] Habib et al, «Propiedades mecánicas y dinámicas del concreto de alta resistencia con goma de neumáticos gruesos y finos bien graduados.,» *Construcción y materiales de construcción*, pp. 1-11, 2020.
- [2] Hossain et al, «Propiedades mecánicas del hormigón agregado reciclado que contiene caucho desmenuzado y fibra de polipropileno.,» *Construcción y materiales de construcción*, pp. 1-14, 2019.
- [3] Krzysztof Kulinski, «Sobre innovadores bloques compuestos de hormigón y caucho que reducen los efectos del impacto mecánico dinámico: la revisión de soluciones estructurales,» *Serie de conferencias de la PIO: Ciencia e ingeniería de materiales*, pp. 1-11, 2019.
- [4] M. y. L. E. Farfan, «Caucho reciclado en la resistencia a la compresión y flexión de concreto modificado con aditivo plastificante.,» Universidad Cesar Vallejo, 2018.
- [5] Y. y. G. E. Guzman, «Sustitución de los áridos por fibras de caucho de neumáticos reciclados en la elaboración de concreto estructural en Chimbote – 2015.,» Universidad de Santa, 2015.
- [6] W. Sánchez, «Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto reciclado para el diseño de mezclas ( $f'_c=175\text{kg/cm}^2$ ) distrito de José Leonardo Ortiz- Chiclayo – Lambayeque.,» Universidad Cesar Vallejo, 2019.
- [7] P. C., «Diseño de bloques de concreto utilizando el caucho sintético en uros de albañilería no portante en el distrito de chulcanas-2019.,» Universidad Cesar Vallejo, 2019.
- [8] A. Albidah, A. Alsaif, A. Abadel, H. Abbas and Y. Al-Salloum, "Role of recycled vehicle tires quantity and size on the properties of metakaolin-based geopolymer rubberized concrete," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 18, pp. 2593 - 2607, 2022.
- [9] V. K. Arachchi, J. Gamage and K. Selvaranjan, "Investigation of replacing aggregate with non-homogeneous waste tire rubber aggregate in concrete," in *8th International Multidisciplinary Moratuwa Engineering Research Conference, MERCon 2022*, Moratuwa, 2022.
- [10] O. Aghamohammadi, D. Mostofinejad and S. M. Abtahi, "Effects of Surface Modification of Crumb Rubber with Polyvinyl Acetate on Rubberized Concrete," *ACI Materials Journal*, vol. 119, no. 1, pp. 195 - 206, 2022.
- [11] H. Awan, M. Javed, A. Yousaf, F. Aslam, H. Alabduljabbar and A. Mosavi, "Experimental evaluation of untreated and pretreated crumb rubber used in concrete," *Awan, Hamad Hassana*, vol. 11, no. 5, p. 558, 2021.
- [12] R. Irmawaty, N. Noor and A. Muhaimin, "Feasibility of crumb rubber as fine aggregate in concrete," in *The 3rd International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE 2019)*, Bali, Indonesia, 2020.

- [13] O. Youssef, J. E. Mills, T. Benn, Y. Zhuge, X. Ma, R. Roychand and R. Gravina, "Development of Crumb Rubber Concrete for Practical Application in the Residential Construction Sector – Design and Processing," *Construction and Building Materials*, vol. 260, p. 119813, 2020.
- [14] R. N. S. Al-Dala'ien, "An assessment of mechanical properties of using tires rubber as a partial replacement of aggregate in sustainable concrete," *Journal of Green Engineering*, vol. 10, no. 9, pp. 5017 - 5088, 2020.
- [15] C.-Y. Chen and M.-T. Lee, "Application of crumb rubber in cement-matrix composite," *Materials*, vol. 12, no. 3, p. 529, 2019.
- [16] K. Rashid, A. Yazdanbakhsh and M. U. Rehman, "Sustainable selection of the concrete incorporating recycled tire aggregate to be used as medium to low strength material," *Journal of Cleaner Production*, vol. 224, pp. 396 - 410, 2019.
- [17] M. Gurunandan, M. Phalgun, T. Raghavendra and B. Udayashankar, "Mechanical and damping properties of rubberized concrete containing polyester fibers," *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 2, no. 04018395, p. 31, 2019.
- [18] A. Choquenaira Castro, «Evaluación de las propiedades mecánicas del concreto con adición de caucho en polvo sustituyendo al agregado fino, Sabandia, Arequipa 2022,» Universidad César Vallejo, 2022.
- [19] J. C. Clemente Escobar, «El caucho triturado y su efecto en las propiedades del concreto en estado fresco y endurecido, sustituyendo al agregado fino,» Universidad Peruana Los Andes, 2022.
- [20] K. M. Condori Cora, «Diseño del concreto  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup> con adición de caucho reciclado para uso en habilitaciones urbanas, Tacna – 2021,» Universidad César Vallejo, 2021.
- [21] K. O. Rodríguez Rengifo, «Influencia de la adición de caucho reciclado granulado en el Diseño de Concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, Moyobamba 2021,» Univerisidad César Vallejo, 2021.
- [22] D. L. Huanuco Hidalgo, «Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del concreto  $f'c=210$  kg/ cm<sup>2</sup> con la adición de caucho reciclado, Pasco 2021,» Universidad César Vallejo, 2021.
- [23] A. A. Beltran Campos, «Efecto de la adición de caucho reciclado molido en 1%, 3% y 5%, en la resistencia a la compresión en un concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>, Ancash 2020,» Universidad San Pedro, 2020.
- [24] E. Chinchano Poma, «Estudio experimental de la resistencia mecánica a la compresión del concreto adicionado con residuos de llantas de caucho, Huánuco 2019,» Universidad de Huanuco, 2020.
- [25] M. A. García Vasquez, «Influencia de la adición del caucho granulado en 5%, 10% y 15% en la resistencia a compresión y flexión del concreto para la utilización en obras de ingeniería, Lima 2020,» Universidad Privada del Norte, 2020.

- [26] E. R. Cabanilla Huachua, «Comportamiento físico mecánico del concreto hidráulico adicionado con caucho reciclado,» Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.
- [27] D. Castro, «Comportamiento del concreto a altas temperaturas con material reciclado: polvo de caucho y vidrio sódico cálcico.,» Universidad Señor de Sipan, 2019.
- [28] F. Abanto, Tecnología del concreto, Lima: San Marcos, 2017.
- [29] Reglamento Nacional de Edificaciones, *Estructuras*, Lima, Lima: Magabyte, 2006.
- [30] S. Muñoz, J. Vidaurre, J. Asenjo and R. Gavidia, "Uso del caucho de neumáticos triturados y aplicados al concreto: Una revisión literaria," *Revista de Investigación Talentos*, pp. 36-51, 2021.
- [31] A. A. Ghani, M. A. ElGawady and J. J. Myers, "Mechanical characterization of concrete masonry units manufactured with crumb rubber aggregate," *ACI Materials Journal*, vol. 114, no. 1, pp. 65-76, 2017.
- [32] G. Catro, *Materialles y compuestos para la industria de los neumaticos*, Buenos Aires, 2008.
- [33] M. e. al., «Recycling waste rubber tyres in construction materials and associated environmental considerations: A review,» *Resources, Conservation and Recycling*, 2020.



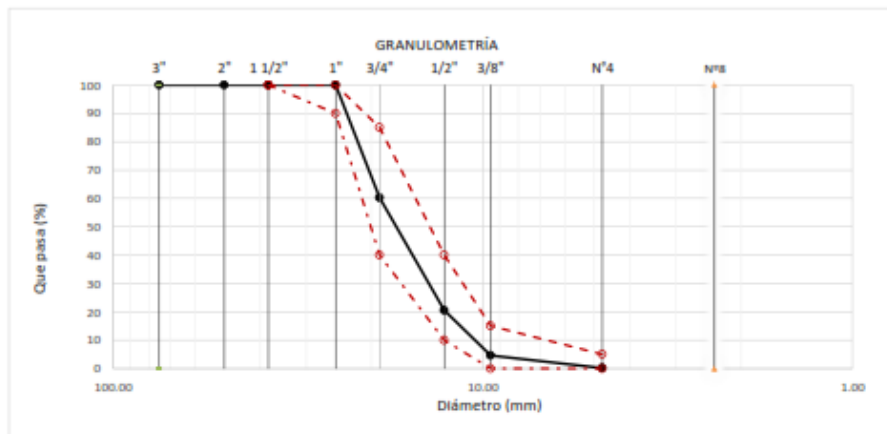


Solicitante : JAMES SMITH ASENJO BUSTAMANTE  
 Proyecto : TESIS: "CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 10 de Mayo del 2022.  
 ENSAYO : AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino. Grueso y global.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 400.012 / ASTM C-136


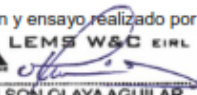
Muestra : Piedra Chancada

Cantera : Pacherras

Análisis Granulométrico por tamizado					
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Retenido	% Acumulados Retenido	% Que pasa Acumulados	HUSO 56
2"	50.00	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	35.00	0.0	0.0	100.0	100
1"	25.00	0.0	0.0	100.0	90 - 100
3/4"	19.00	39.7	39.7	60.3	40 - 85
1/2"	12.70	39.7	79.4	20.6	10 - 40
3/8"	9.52	16.0	95.4	4.6	0 - 15
N°4	4.75	4.5	99.8	0.2	0 - 5
<b>TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL</b>					3/4"


**OBSERVACIONES :**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


**LEMS W&C EIRL**  
  
**WILSON GLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENSAYOS DE MATERIALES Y SUELOS


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

Solicitante : JAMES SMITH ASENJO BUSTAMANTE  
 Proyecto : TESIS: "CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 10 de Mayo del 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 : Arena Gruesa


Cantera: Pátapo - La Victoria

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1523
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1504
Contenido de Humedad	(%)	1.24

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1646
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1626
Contenido de Humedad	(%)	1.24

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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



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

Solicitante : JAMES SMITH ASENJO BUSTAMANTE  
 Proyecto : TESIS: "CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Chiclayo, Prov. Pimentel, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 10 de Mayo del 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: Pacherras

Peso Unitario Suelto Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1419.24
Peso Unitario Suelto Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1412.92
Contenido de Humedad	(%)	0.45

Peso Unitario Compactado Humedo	(Kg/m <sup>3</sup> )	1540.01
Peso Unitario Compactado Seco	(Kg/m <sup>3</sup> )	1533.16
Contenido de Humedad	(%)	0.45

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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



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

INFORME

Pag. 1 de 1

Solicitante : JAMES SMITH ASENJO BUSTAMANTE  
Proyecto : TESIS: "CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de ensayo : 12 de Mayo del 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: Pacherras

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.644
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.06

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

Pag. 1 de 1

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de ensayo : 17 de mayo del 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 : Arena Gruesa

Cantera : Pátapo - La Victoria

1.- PESO ESPECIFICO DE MASA	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.597
2.- PORCENTAJE DE ABSORCIÓN	%	1.031

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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



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

INFORME

Pag. 01 de 02

Solicitante : JAMES SMITH ASEÑO BUSTAMANTE  
Proyecto / Obra : **TESIS: "CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".**  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chidayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

1.- Tipo de cemento : Tipo I - QUNA.  
2.- Peso específico : 3120 Kg/m<sup>3</sup>

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa 2.588 gr/cm<sup>3</sup>  
2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.615 gr/cm<sup>3</sup>  
3.- Peso unitario suelto 1.50 Kg/m<sup>3</sup>  
4.- Peso unitario compactado 1.63 Kg/m<sup>3</sup>  
5.- % de absorción 1.05 %  
6.- Contenido de humedad 1.2 %  
7.- Módulo de fineza 3.15

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pacherras

1.- Peso específico de masa 2.591 gr/cm<sup>3</sup>  
2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.618 gr/cm<sup>3</sup>  
3.- Peso unitario suelto 1.41 Kg/m<sup>3</sup>  
4.- Peso unitario compactado 1.53 Kg/m<sup>3</sup>  
5.- % de absorción 1.04 %  
6.- Contenido de humedad 0.4 %  
7.- Tamaño máximo 1" Pulg.  
8.- Tamaño máximo nominal 3/4" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.8	99.2
Nº 04	8.1	91.1
Nº 08	12.8	78.3
Nº 16	19.5	58.9
Nº 30	24.6	34.2
Nº 50	16.6	17.6
Nº 100	11.8	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	39.7	60.3
1/2"	39.7	20.6
3/8"	16.0	4.6
Nº 04	4.5	0.2
Fondo	0.2	0.0

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



**LEMS W&C EIRL**  
WILSON OLAYA AGUILAR  
TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



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

INFORME

Pag. 02 de 02

Solicitante : JAMES SMITH ASENJO BUSTAMANTE  
 Proyecto / Obra : **TESIS: "CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".**  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
**DISEÑO DE MEZCLA FINAL**       $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2322 Kg/m<sup>3</sup>  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 8,6 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.696

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	364	Kg/m <sup>3</sup>	:	Tipo I - QUNA.
Agua	253	L	:	Potable de la zona.
Agregado fino	837	Kg/m <sup>3</sup>	:	Arena Gruesa - La Victoria - Patapo
Agregado grueso	868	Kg/m <sup>3</sup>	:	Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pacherras

Proporción en peso :

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	2.30	2.39	29.6	Lts/pe <sup>3</sup>

Proporción en volumen :

	1.0	2.30	2.54	29.6	Lts/pe <sup>3</sup>
--	-----	------	------	------	---------------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



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



INFORME

Pag. 01 de 02

Solicitante : JAMES SMITH ASEÑO BUSTAMANTE  
Proyecto / Obra : **TESIS: "CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".**  
Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chidayo, Depart. Lambayeque.  
Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.

DISEÑO DE MEZCLA FINAL  $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

CEMENTO

1.- Tipo de cemento : Tipo I - QUNA.  
2.- Peso específico : 3120 Kg/m<sup>3</sup>

AGREGADOS :

Agregado fino :

: Arena Gruesa - La Victoria - Patapo

1.- Peso específico de masa 2.588 gr/cm<sup>3</sup>  
2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.615 gr/cm<sup>3</sup>  
3.- Peso unitario suelto 1.50 Kg/m<sup>3</sup>  
4.- Peso unitario compactado 1.63 Kg/m<sup>3</sup>  
5.- % de absorción 1.05 %  
6.- Contenido de humedad 1.2 %  
7.- Módulo de fineza 3.15

Agregado grueso :

: Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pacherras

1.- Peso específico de masa 2.591 gr/cm<sup>3</sup>  
2.- Peso específico de masa S.S.S. 2.618 gr/cm<sup>3</sup>  
3.- Peso unitario suelto 1.41 Kg/m<sup>3</sup>  
4.- Peso unitario compactado 1.53 Kg/m<sup>3</sup>  
5.- % de absorción 1.04 %  
6.- Contenido de humedad 0.4 %  
7.- Tamaño máximo 1" Pulg.  
8.- Tamaño máximo nominal 3/4" Pulg.

Granulometría :

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
3/8"	0.8	99.2
Nº 04	8.1	91.1
Nº 08	12.8	78.3
Nº 16	19.5	58.9
Nº 30	24.6	34.2
Nº 50	16.6	17.6
Nº 100	11.8	5.8
Fondo	5.8	0.0

Malla	% Retenido	% Acumulado que pasa
2"	0.0	100.0
1 1/2"	0.0	100.0
1"	0.0	100.0
3/4"	39.7	60.3
1/2"	39.7	20.6
3/8"	16.0	4.6
Nº 04	4.5	0.2
Fondo	0.2	0.0

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

Pag. 02 de 02

Solicitante : JAMES SMITH ASENJO BUSTAMANTE  
 Proyecto / Obra : **TESIS: "CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".**  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
**DISEÑO DE MEZCLA FINAL**       $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$

Resultados del diseño de mezcla :

Asentamiento obtenido : 4 Pulgadas  
 Peso unitario del concreto fresco : 2336 Kg/m<sup>3</sup>  
 Factor cemento por M<sup>3</sup> de concreto : 10.1 bolsas/m<sup>3</sup>  
 Relación agua cemento de diseño : 0.589

Cantidad de materiales por metro cúbico :

Cemento	430	Kg/m <sup>3</sup>	:	Tipo I - QUNA.
Agua	253	L	:	Potable de la zona.
Agregado fino	782	Kg/m <sup>3</sup>	:	Arena Gruesa - La Victoria - Patapo
Agregado grueso	871	Kg/m <sup>3</sup>	:	Piedra Chancada - Cantera Pacherras - Pacherras

Proporción en peso :

	Cemento	Arena	Piedra	Agua	
	1.0	1.82	2.03	25.0	Lts/pe <sup>3</sup>

Proporción en volumen :

	1.0	1.82	2.16	25.0	Lts/pe <sup>3</sup>
--	-----	------	------	------	---------------------

OBSERVACIONES :

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.
- En obra corregir por humedad.



**LEMS W&C EIRL**  
**WILSON OLAYA AGUILAR**  
 TEC. ENsayos DE MATERIALES Y SUELOS



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

**Anexo 05: Informe de Resultados de Slump para F´C 210kg/cm2**

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland.  
 Referencia : N.T.P. 339.035:2009

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Dias)	Asentamiento	
				Obtenido (pulg)	Obtenido (cm)
M-1	Diseño Patrón 210	210	17/05/2022	4	10.16
M-2	Diseño Patrón 210 + 10% de Caucho	210	17/05/2022	4 1/8	10.48
M-3	Diseño Patrón 210 + 15% de Caucho	210	17/05/2022	4 1/4	10.80
M-4	Diseño Patrón 210 + 20% de Caucho	210	17/05/2022	4 1/2	11.43
M-5	Diseño Patrón 210 + 25% de Caucho	210	17/05/2022	4 3/4	12.07

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



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



Miguel Angel Ruiz Perales  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 246904

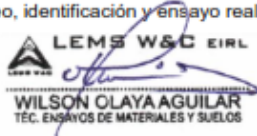
**Anexo 06: Informe de Resultados de Peso Unitario del Concreto F' C  
210kg/cm<sup>2</sup>**

**Solicitante** : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
**Proyecto / Obra** : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
**Ubicación** : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
**Fecha de Ensayo** : 17 de mayo del 2022.  
**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 : 2005 (revisada el 2016)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c	Fecha de vaciado (Días)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )
01	Diseño Patrón 210	210	17/05/2022	2322
02	Diseño Patrón 210 + 10% de Caucho	210	17/05/2022	2309
03	Diseño Patrón 210 + 15% de Caucho	210	17/05/2022	2294
04	Diseño Patrón 210 + 20% de Caucho	210	17/05/2022	2268
05	Diseño Patrón 210 + 25% de Caucho	210	17/05/2022	2242

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante,



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



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

**Anexo 07: Informe de Resultados de Temperatura del Concreto F´C 210kg/cm2**

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : HORMIGÓN (CONCRETO). Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezcla de hormigón.  
 Referencia : N.T.P. 339.184

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Temperatura (C°)
M-1	Diseño Patrón 210	210	17/05/2022	27.0
M-2	Diseño Patrón 210 + 10% de Caucho	210	17/05/2022	27.0
M-3	Diseño Patrón 210 + 15% de Caucho	210	17/05/2022	28.0
M-4	Diseño Patrón 210 + 20% de Caucho	210	17/05/2022	29.0
M-5	Diseño Patrón 210 + 25% de Caucho	210	17/05/2022	29.5

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



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



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

**Anexo 08: Informe de Resultados de Aire Atrapado del Concreto F'c 210kg/cm<sup>2</sup>**

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de apertura : 17 de mayo del 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"

Muestra	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Dias)	Contenido de aire (%)
M-1	Diseño Patrón 210	210	17/05/2022	1.5
M-2	Diseño Patrón 210 + 10% de Caucho	210	17/05/2022	1.7
M-3	Diseño Patrón 210 + 15% de Caucho	210	17/05/2022	2.3
M-4	Diseño Patrón 210 + 20% de Caucho	210	17/05/2022	2.7
M-5	Diseño Patrón 210 + 25% de Caucho	210	17/05/2022	3.5

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



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



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

**Anexo 09: Informe de Resultados de Resistencia a la compresión F'c  
210kg/cm<sup>2</sup>**

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la dterminación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

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> )
01	Probeta 1 - Patrón 210	210	17/05/2022	24/05/2022	7	35704	15.16	181	198
02	Probeta 2 - Patrón 210	210	17/05/2022	24/05/2022	7	35775	15.26	183	196
03	Probeta 3 - Patrón 210	210	17/05/2022	24/05/2022	7	35840	15.23	182	197
04	Probeta 4 - Patrón 210	210	17/05/2022	31/05/2022	14	43528	15.23	182	239
05	Probeta 5 - Patrón 210	210	17/05/2022	31/05/2022	14	43597	15.26	183	239
06	Probeta 6 - Patrón 210	210	17/05/2022	31/05/2022	14	43571	15.23	182	239
07	Probeta 7 - Patrón 210	210	17/05/2022	14/06/2022	28	48899	15.26	183	267
08	Probeta 8 - Patrón 210	210	17/05/2022	14/06/2022	28	48912	15.20	181	270
09	Probeta 9 - Patrón 210	210	17/05/2022	14/06/2022	28	48846	15.23	182	268

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



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



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

**Anexo 10: Informe de Resultados de Resistencia a la compresión F'c 210kg/cm2 + 10% de Caucho Desmenuzado**

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la dterminación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

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> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	27748	15.21	182	153
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	27625	15.20	181	152
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	27733	15.20	181	153
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	36732	15.20	181	202
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	36648	15.20	181	202
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	36699	15.17	181	203
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	42169	15.22	182	232
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	42070	15.19	181	232
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	42100	15.24	182	231

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados 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

## Anexo 11: Informe de Resultados de Resistencia a la compresión F'c 210kg/cm<sup>2</sup> + 15% de Caucho Desmenuzado



Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la dterminación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

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> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	23506	15.15	180	130
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	24028	15.24	182	132
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	23929	15.24	182	131
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	32509	15.21	182	179
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	32385	15.17	181	179
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	32451	15.21	182	179
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	37537	15.27	183	205
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	37308	15.18	181	206
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	37438	15.18	181	207

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



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



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

## Anexo 12: Informe de Resultados de Resistencia a la compresión F'c 210kg/cm<sup>2</sup> + 20% de Caucho Desmenuzado

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la dterminación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

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> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	20004	15.17	181	111
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	20378	15.17	181	113
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	20179	15.21	182	111
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	28053	15.18	181	155
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	28567	15.23	182	157
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	27671	15.20	181	152
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	32206	15.21	182	177
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	33189	15.20	181	183
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	32021	15.19	181	177

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados 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

## Anexo 13: Informe de Resultados de Resistencia a la compresión F'c 210kg/cm<sup>2</sup> + 25% de Caucho Desmenuzado

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 16 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la dterminación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.  
 Referencia : N.T.P. 339.034:2015

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> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	18032	15.35	185	98
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	18119	15.21	182	100
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	18048	15.14	180	100
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	23501	15.16	181	130
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	23746	15.20	181	131
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	23603	15.11	179	132
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	29157	15.18	181	161
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	29343	15.17	181	162
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	27821	15.22	182	153

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, ensayo e identificación realizados por el solicitante.



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



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

## Anexo 14: Informe de Resultados de Resistencia a la Flexión F'c 210kg/cm2

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M (Mpa)	M (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	Probeta 1 - Patrón 210	17/05/2022	24/05/2022	7	22700	450	150	150	0	3.01	30.7
02	Probeta 2 - Patrón 210	17/05/2022	24/05/2022	7	23150	450	150	150	0	3.07	31.3
03	Probeta 3 - Patrón 210	17/05/2022	24/05/2022	7	22660	450	150	150	0	3.04	31.0
04	Probeta 4 - Patrón 210	17/05/2022	31/05/2022	14	27910	450	150	151	0	3.69	37.6
05	Probeta 5 - Patrón 210	17/05/2022	31/05/2022	14	27020	450	150	150	0	3.60	36.7
06	Probeta 6 - Patrón 210	17/05/2022	31/05/2022	14	26570	450	150	150	0	3.56	36.3
07	Probeta 7 - Patrón 210	17/05/2022	14/06/2022	26	29940	450	150	150	0	3.96	40.4
08	Probeta 8 - Patrón 210	17/05/2022	14/06/2022	26	29740	450	150	150	0	3.95	40.3
09	Probeta 9 - Patrón 210	17/05/2022	14/06/2022	26	30450	450	150	150	0	4.06	41.4

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.


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



 Miguel Angel Ruiz Perales  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 246904

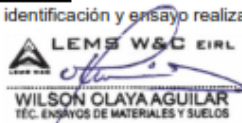
## Anexo 15: Informe de Resultados de Resistencia a la Flexión F<sub>c</sub> 210kg/cm<sup>2</sup> + 10% de Caucho Desmenuzado

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M (Mpa)	M (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 10% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	23990	450	150	150	0	3.19	32.5
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 10% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	23570	450	150	150	0	3.16	32.4
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 10% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	23690	450	150	150	0	3.14	32.1
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 10% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	26570	450	150	150	0	3.54	39.1
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 10% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	26590	450	150	150	0	3.51	35.9
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 10% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	26450	450	150	150	0	3.79	36.6
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 10% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	26	30960	450	150	150	0	4.12	42.0
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 10% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	26	31100	450	150	150	0	4.13	42.1
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 10% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	26	31090	450	150	150	0	4.14	42.2

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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




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

## Anexo 16: Informe de Resultados de Resistencia a la Flexión F<sub>c</sub> 210kg/cm<sup>2</sup> + 15% de Caucho Desmenuzado

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M <sub>1</sub> (Mpa)	M <sub>2</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 15% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	22390	450	150	150	0	2.97	30.3
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 15% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	22540	450	150	150	0	2.99	30.5
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 15% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	22490	450	150	150	0	2.96	30.4
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 15% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	27220	450	150	151	0	3.60	36.7
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 15% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	26540	450	150	150	0	3.54	36.1
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 15% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	26510	450	150	150	0	3.52	35.9
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 15% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	28	29280	450	150	150	0	3.85	39.5
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 15% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	28	29390	450	150	150	0	3.91	39.8
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 15% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	28	29750	450	150	150	0	3.96	40.4

**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 17: Informe de Resultados de Resistencia a la Flexión F<sub>c</sub> 210kg/cm<sup>2</sup> + 20% de Caucho Desmenuzado

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M (Mpa)	M <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 20% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	19330	450	150	150	0	2.57	26.2
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 20% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	19420	450	150	150	0	2.59	26.4
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 20% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	19240	450	150	150	0	2.56	26.1
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 20% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	23150	450	150	150	0	3.08	31.4
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 20% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	22490	450	150	150	0	3.00	30.6
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 20% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	22690	450	150	150	0	3.03	30.8
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 20% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	28	25570	450	150	150	0	3.40	34.7
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 20% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	28	25340	450	150	150	0	3.37	34.4
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 20% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	28	25410	450	150	150	0	3.39	34.5

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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




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

## Anexo 18: Informe de Resultados de Resistencia a la Flexión F<sub>c</sub> 210kg/cm<sup>2</sup> + 25% de Caucho Desmenuzado

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo.  
 Referencia : N.T.P. 339.078:2012

Muestra N°	IDENTIFICACIÓN	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P (N)	L (mm)	b (mm)	h (mm)	a (mm)	M (Mpa)	M <sub>c</sub> (Kg/cm <sup>2</sup> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 25% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	17440	450	150	150	0	2.32	23.6
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 25% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	17520	450	150	150	0	2.33	23.8
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 25% Caucho	17/05/2022	24/05/2022	7	17260	450	150	150	0	2.30	23.5
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 25% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	21090	450	150	150	0	2.80	28.6
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 25% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	20820	450	150	150	0	2.78	28.3
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 25% Caucho	17/05/2022	31/05/2022	14	20900	450	150	150	0	2.78	28.4
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 25% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	28	23000	450	150	150	0	3.06	31.2
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 25% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	28	22740	450	150	150	0	3.03	30.9
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 25% Caucho	17/05/2022	14/06/2022	28	23000	450	150	150	0	3.06	31.4

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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




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

## Anexo 19: Informe de Resultados de Resistencia a la Tracción F<sub>c</sub> 210kg/cm<sup>2</sup>



Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.  
 Referencia : N.T.P 339.084: 20102 (revusada el 2017)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f'c (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Probeta 1 - Patrón 210	210	17/05/2022	24/05/2022	7	137040	153	301	1.9	19.3
02	Probeta 2 - Patrón 210	210	17/05/2022	24/05/2022	7	138920	152	300	1.9	19.8
03	Probeta 3 - Patrón 210	210	17/05/2022	24/05/2022	7	138200	152	301	1.9	19.6
04	Probeta 4 - Patrón 210	210	17/05/2022	31/05/2022	14	168040	152	300	2.3	23.9
05	Probeta 5 - Patrón 210	210	17/05/2022	31/05/2022	14	169320	152	300	2.4	24.1
06	Probeta 6 - Patrón 210	210	17/05/2022	31/05/2022	14	169200	152	302	2.4	24.0
07	Probeta 7 - Patrón 210	210	17/05/2022	14/06/2022	28	188000	152	302	2.6	26.7
08	Probeta 8 - Patrón 210	210	17/05/2022	14/06/2022	28	189960	152	301	2.6	26.9
09	Probeta 9 - Patrón 210	210	17/05/2022	14/06/2022	28	187680	152	301	2.6	26.6

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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




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

## Anexo 20: Informe de Resultados de Resistencia a la Tracción F' C 210kg/cm<sup>2</sup> + 10% de Caucho Desmenuzado

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.  
 Referencia : N.T.P 339.084: 20102 (revusada el 2017)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	137120	152	300	1.9	19.5
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	136480	152	300	1.9	19.7
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	139040	152	300	1.9	19.8
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	184160	151	300	2.6	26.4
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	183020	151	300	2.6	26.2
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	184000	152	301	2.6	26.1
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	201400	152	301	2.8	28.6
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	208920	152	300	2.9	29.8
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 10% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	201040	152	300	2.8	28.7

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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




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

## Anexo 21: Informe de Resultados de Resistencia a la Tracción F<sub>c</sub> 210kg/cm<sup>2</sup> + 15% de Caucho Desmenuzado

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.  
 Referencia : N.T.P 339.084: 20102 (revusada el 2017)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	110640	151	301	1.5	15.5
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	113120	151	300	1.6	16.2
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	112640	152	301	1.6	16.0
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	153040	151	300	2.2	21.9
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	152440	151	300	2.1	21.9
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	152760	151	300	2.1	21.9
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	176680	151	302	2.5	25.2
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	175600	151	300	2.5	25.2
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 15% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	176240	151	301	2.5	25.2

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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




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

## Anexo 22: Informe de Resultados de Resistencia a la Tracción F<sub>c</sub> 210kg/cm<sup>2</sup> + 20% de Caucho Desmenuzado

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.  
 Referencia : N.T.P 339.084: 20102 (revusada el 2017)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	94160	150	300	1.3	13.6
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	95920	151	301	1.3	13.7
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	95490	150	300	1.4	13.8
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	132040	150	300	1.9	19.0
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	134480	152	301	1.9	19.1
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	130240	152	300	1.8	18.6
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	151600	151	300	2.1	21.8
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	156240	150	300	2.2	22.5
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 20% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	150720	150	302	2.1	21.6

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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




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

## Anexo 23: Informe de Resultados de Resistencia a la Tracción F<sub>c</sub> 210kg/cm<sup>2</sup> + 25% de Caucho Desmenuzado

Solicitante : ASENJO BUSTAMANTE, JAMES SMITH  
 Proyecto / Obra : TESIS: "CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DEL CONCRETO INCORPORANDO CAUCHO DESMENUZADO".  
 Ubicación : Dist. Pimentel, Prov. Chiclayo, Depart. Lambayeque.  
 Fecha de vaciado : 17 de mayo del 2022.  
 Ensayo : CONCRETO. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a tracción simple del concreto, por compresión diametral de una probeta cilíndrica.  
 Referencia : N.T.P 339.084: 20102 (revusada el 2017)

Muestra Nº	IDENTIFICACIÓN	Diseño f <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	Fecha de vaciado (Días)	Fecha de ensayo (Días)	Edad (Días)	P carga (N)	d diámetro (mm)	l longitud (mm)	T (MPa)	T (Kg/Cm <sup>2</sup> )
01	Probeta 1 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	81900	151	301	1.1	11.7
02	Probeta 2 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	83790	151	302	1.2	11.9
03	Probeta 3 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	24/05/2022	7	84210	151	301	1.2	12.0
04	Probeta 4 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	109340	152	300	1.5	15.6
05	Probeta 5 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	109900	151	300	1.5	15.8
06	Probeta 6 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	31/05/2022	14	110600	151	301	1.6	15.8
07	Probeta 7 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	135450	151	300	1.9	19.4
08	Probeta 8 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	136360	152	301	1.9	19.4
09	Probeta 9 - Patrón 210 + 25% Caucho	210	17/05/2022	14/06/2022	28	128520	151	300	1.8	18.4

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo, identificación y ensayo realizado por el solicitante.



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




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

## Anexo 2. Fotografías sobre las pruebas de laboratorio realizadas



*Prueba de granulometría del árido grueso*



*Prueba de peso unitario suelto y compactado del árido fino y grueso*



*Prueba de peso específico del árido fino*



*Prueba de absorción y contenido de humedad del árido fino*



*Diseño de mezclas del concreto referencial y experimental*



*Prueba de resistencia a compresión sometida*



*Prueba de resistencia a flexión de prismas de concreto*



*Prueba de resistencia a tracción de cilindros de concreto*