

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Efecto de la incorporación de fibras metálicas con gomas  
provenientes de Neumáticos desechados en las propiedades  
mecánicas del pavimento rígido  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

**Autor:**

Rhoy Anmark Nuñez Colque

**Asesor:**

Mg. Gerardo William Pari Quispe

**Juliaca, marzo de 2025**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo **Mg. Gerardo William Pari Quispe**, docente de la Facultad de **Ingeniería y Arquitectura**, Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: "**Efecto de la incorporación de fibras metálicas con gomas provenientes de Neumáticos desechados en las propiedades mecánicas del pavimento rígido  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$** " del autor **Rhoy Anmark Nuñez Colque** tiene un índice de similitud de **17 %** verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de **Juliaca**, a los **19** días del mes de **Mayo** del año **2025**.



---

**Mg. Gerardo William Pari Quispe**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 10 día(s) del mes de marzo del año 2025 siendo las 9:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mtro. Leonel Chahueros Paucar, el (la) secretario(a): Msc. Ecler

Mamani Ghombi y los demás miembros: Mg. Edwin

Pavillo Escaruna y el (la) asesor(a) Mg. Gerardo Williams

Pari Quipe con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

"Efecto de la incorporación de fibras metálicas con gomas provenientes de Neumáticos desechados en las propiedades mecánicas del pavimento rígido f'c = 210 Kg/cm<sup>2</sup>"

del(los) bachiller(es): a) Rhoy Anmark Nuñez Golque

b) \_\_\_\_\_

c) \_\_\_\_\_

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil

(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Rhoy Anmark Nuñez Golque

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b): \_\_\_\_\_

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

Bachiller (c): \_\_\_\_\_

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]  
Presidente/a

[Firma]  
Asesor/a

[Firma]  
Bachiller (a)

[Firma]  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Bachiller (b)

[Firma]  
Secretario/a

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Bachiller (c)

## Lista de Contenido

Introducción .....	12
Metodología .....	14
Diseño Metodológico.....	14
<u>    </u> <i>Tipo y Diseño de Investigación</i> .....	14
Materiales y Métodos.....	15
Materiales.....	15
<i>Cemento</i> .....	15
<i>Agregados</i> .....	15
Caucho de Neumáticos .....	18
Fibras de Acero de Neumáticos.....	19
Mezcla Dosificación de Concreto.....	20
Métodos.....	21
Resistencia a Compresión.....	21
Resistencia a Flexión.....	23
Resistencia a la División por Tracción .....	24
Contenido de Aire.....	25
Trabajabilidad.....	26
Resultados y Discusión.....	28
Resistencia a la Compresión .....	28
Resistencia a Flexión .....	29
Resistencia a la División por Tracción .....	31
Módulo de Elasticidad .....	33
Contenido de Aire .....	35

Trabajabilidad .....	36
Análisis Estadístico.....	38
Resistencia a la Compresión .....	38
Hipótesis Estadística.....	38
Hipótesis Estadística.....	41
Resistencia a Flexión .....	44
Hipótesis estadística.....	44
Hipótesis Estadística.....	47
Resistencia a la División por Tracción .....	50
Hipótesis Estadística.....	50
Hipótesis Estadística.....	54
Módulo de Elasticidad .....	57
Hipótesis Estadística.....	57
Hipótesis Estadística.....	61
Conclusiones .....	64
Referencias.....	67
Anexos .....	69

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> Propiedades de la ficha técnica: cemento Rumi IP.....	12
<b>Tabla 2</b> Propiedades de los agregados .....	13
<b>Tabla 3</b> Propiedades de los agregados .....	14
<b>Tabla 4</b> Propiedades del caucho.....	15
<b>Tabla 5</b> Dimensiones de fibra .....	16
<b>Tabla 6</b> Proporciones de mezcla .....	17
<b>Tabla 7</b> Proporciones de mezcla .....	19
<b>Tabla 8</b> Proporciones de mezcla .....	20
<b>Tabla 9</b> Proporciones de mezcla .....	22
<b>Tabla 10</b> Proporciones de mezcla .....	23
<b>Tabla 11</b> Proporciones de mezcla .....	24
<b>Tabla 12</b> Resultados de deflexiones en vigas a los 28 días. ....	28
<b>Tabla 13</b> Resultados deformaciones en probetas a los 28 días. ....	31
<b>Tabla 14</b> Anova de la Carga Máxima de Compresión.....	37
<b>Tabla 15</b> Carga máxima de compresión, Tukey .....	37
<b>Tabla 16</b> Anova de la resistencia a la rotura .....	40
<b>Tabla 17</b> Resistencia Rotura, Tukey .....	41
<b>Tabla 18</b> Anova del módulo de rotura .....	44
<b>Tabla 19</b> Modulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> ), Tukey .....	44
<b>Tabla 20</b> Anova de la lectura .....	47
<b>Tabla 21</b> Lectura, Tukey .....	48
<b>Tabla 22</b> Anova para la carga máxima.....	51

<b>Tabla 23</b> Carga máxima, Tukey.....	51
<b>Tabla 24</b> Anova, para la tracción por compresión diametral .....	54
<b>Tabla 25</b> Tracción por compresión diametral, Tukey .....	55
<b>Tabla 26</b> Anova para el módulo elasticidad.....	58
<b>Tabla 27</b> Módulo elasticidad, Tukey.....	59
<b>Tabla 28</b> Anova para la deformación (mm).....	62
<b>Tabla 29</b> Deformación, Tukey .....	62

## Lista de Figuras

<b>Figura 1.</b> Ensayos a los agregados .....	13
<b>Figura 2.</b> Ensayos a los agregados .....	14
<b>Figura 3</b> Ensayos al CG y CM .....	15
<b>Figura 4</b> Ensayos a las FS .....	16
<b>Figura 5</b> Materiales para diseño de mezcla .....	18
<b>Figura 6</b> Ensayo -resistencia a compresión.....	19
<b>Figura 7</b> Ensayo - Resistencia a flexión.....	21
<b>Figura 8</b> Ensayo - Resistencia a la división por Tracción. ....	22
<b>Figura 9</b> Ensayo - Contenido de aire.....	23
<b>Figura 10</b> Ensayo - Trabajabilidad.....	24
<b>Figura 11</b> Resistencia a la compresión.....	26
<b>Figura 12</b> Deflexión de vigas.....	27
<b>Figura 13</b> Resistencia a la división por tracción.....	29
<b>Figura 14.</b> MC - MC + 2% FS +25% CG y CM – MC + 2% FS + 55 % CG y CM .....	29
<b>Figura 15</b> Deformación probetas de concreto .....	31
<b>Figura 16.</b> Ensayo módulo de Elasticidad.....	31
<b>Figura 17</b> Contenido de aire de las muestras.....	32
<b>Figura 18</b> Trabajabilidad de las muestras.....	34
<b>Figura 19</b> Diagrama de cajas Simple de Carga máxima de compresión por Elemento .....	33
<b>Figura 20</b> Diagrama de cajas Simple de Resistencia rotura por Elementos.....	38
<b>Figura 21</b> Diagrama de cajas Simple de Modulo de rotura (kg/cm <sup>2</sup> ) por Elemento .....	42
<b>Figura 22</b> Diagrama de cajas Simple de Lectura (cm) por Elementos.....	45

<b>Figura 23</b> Diagrama de cajas Simple de Carga máxima .....	49
<b>Figura 24</b> Diagrama de cajas Simple de Tracción por compresión diametral por Elementos.....	53
<b>Figura 25</b> Diagrama de cajas Simple de Módulo elasticidad por Elemento .....	57
<b>Figura 26</b> Diagrama de cajas Simple de Deformación (mm) por Elementos.....	60

## Resumen

La ciudad de Juliaca presenta una gran cantidad de contaminación, siendo los neumáticos desechados uno de los más preocupantes debido a su bajo nivel de reciclaje, la población usualmente se deshace de ellos quemándolos, lo cual puede afectar negativamente a la salud de los habitantes y sobre todo aquellos cercanos al parque industrial, por ello, el objetivo de esta investigación es determinar el efecto de las propiedades mecánicas del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  con la incorporación de caucho granular y molido (CG, CM) en las proporciones de 25%, 55% y 2% de fibras de acero (FS). La metodología sigue un diseño cuasi experimental con dos grupos de muestras: el primero es la muestra control (MC) y el segundo es la sustitución con CG, CM en porcentajes de agregado más FS. Los resultados indicaron que el aumento en las proporciones de CG, CM más FS disminuyó el asentamiento del concreto, sin embargo, la resistencia a la tracción MC + 2% FS + 55 % CG y CM, fue de  $25.18 \text{ kg/cm}^2$  con respecto a la MC de  $8.01 \text{ kg/cm}^2$ . La sustitución con CG, CM más FS afecta la trabajabilidad del concreto, reduciendo el asentamiento y la resistencia a compresión debido a su baja densidad en comparación con los agregados. No obstante, mejora la resistencia a la tracción, especialmente la muestra con mayor contenido de CG, CM y FS. Se concluye que la adición de FS, CG y CM tiene un efecto positivo en las propiedades mecánicas del concreto, especialmente en su resistencia a la tracción.

**Palabras clave:** Caucho granular, caucho molido, fibras de acero de neumáticos, materiales de construcción, propiedades mecánicas del concreto, concreto de caucho con fibras de acero.

## Abstract

The city of Juliaca presents a large amount of pollution, being discarded tires one of the most worrying due to its low level of recycling, the population usually gets rid of them by burning them, which can negatively affect the health of the inhabitants and especially those near the industrial park, Therefore, the objective of this research is to determine the effect of the mechanical properties of concrete  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  with the incorporation of granular and ground rubber (CG, CM) in the proportions of 25%, 55% and 2% of steel fibers (FS). The methodology follows a quasi-experimental design with two groups of samples: the first is the control sample (MC) and the second is the substitution with CG, CM in percentages of aggregate plus FS. The results indicated that the increase in the proportions of CG, CM plus FS decreased the slump of the concrete, however, the tensile strength MC + 2% FS + 55 % CG and CM, was  $25.18 \text{ kg/cm}^2$  with respect to the MC of  $8.01 \text{ kg/cm}^2$ . Substitution with CG, CM plus FS affects the workability of concrete, reducing the slump and compressive strength due to its low density compared to aggregates. However, it improves the tensile strength, especially the sample with higher content of CG, CM and FS. It is concluded that the addition of FS, CG and CM has a positive effect on the mechanical properties of concrete, especially on its tensile strength.

**Keywords:** Granular rubber, ground rubber, steel tire fibers, construction materials, mechanical properties of concrete, rubber concrete with steel fibers.

## Introducción

En todo el mundo el material más usado debido a la creciente necesidad en el sector de la construcción es por consiguiente el concreto, gracias a sus múltiples aplicaciones en la ingeniería civil. Sin embargo, el concreto es un material susceptible a agrietamientos cuando es sometido a fuerzas de tracción, efecto que produce una pérdida en su resistencia y durabilidad. Por ello, se plantea la necesidad de mejorar sus propiedades mecánicas con la sustitución de materiales reutilizables como los neumáticos desechados en porcentajes por los agregados, contribuyendo a la reducción de la contaminación ambiental.

El incremento en el uso de vehículos ha generado una acumulación significativa de neumáticos desechados, los cuales representan un grave problema de contaminación debido a su difícil descomposición de acuerdo con Pawelska-Mazur & Kaszynska (2021) se generan 3,3 millones de toneladas de neumáticos por año solo en Europa, mientras tanto Chen et al. (2022) estima que cada año se generan 1.5 mil millones de neumáticos desechados a nivel mundial, además Eren et al. (2021) proyecta un aumento aproximado de 5000 millones de neumáticos desechados para 2030, en paralelo si el incremento de automóviles aumenta a 1200 millones.

En el Perú, la acumulación de neumáticos también es significativa, al ser estos no biodegradables son acumulados en vertederos informales de los cuales generan riesgos de incendios y emisiones tóxicas, el Perú no cuenta con una base de normas para disponer de la forma más adecuada los neumáticos al final de su vida útil. De acuerdo con Velarde et al. (2018) el país produce aproximadamente un millón setecientos cincuenta mil de neumáticos desechados anualmente, que representan 45,000 ton.

La ciudad de Juliaca enfrenta contaminación causada por los neumáticos, que suelen ser quemados luego de haber cumplido su ciclo de vida útil, los cuales pueden afectar negativamente

a la salud de los habitantes y sobre todo a los que se encuentran alrededor del parque industrial. El objetivo general de esta investigación es analizar el efecto de la incorporación de caucho granular y molido (CG, CM) en las proporciones de 25% y 55% más 2% de fibras de acero (FS) sobre las propiedades mecánicas del concreto  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$ , por ende se requiere evaluar que la sustitución de los desechos de neumáticos en porcentajes por agregado en el concreto ayudan a controlar las fisuras que pueden presentarse en los pavimentos rígidos, cuando es sometido a fuerzas de flexión, compresión y tracción.

Khan et al. (2022) con una dosificación del 2% de fibra de acero con una longitud de 30 mm mostró un excelente comportamiento en compresión y flexión a los 28 días, por otro lado Polydorou et al. (2022) que al incorporar un 60 % de caucho en volumen en combinación con fibras de acero recicladas, aumentó el coeficiente de amortiguamiento del concreto, de acuerdo con Tate et al. (2020) las mezclas que incluían fibras de acero recicladas al 0,25 % superaron a las mezclas de fibras de acero industrial tanto en resistencia a la flexión como en resistencia al impacto, así mismo Alsaif et al. (2019) sus principales resultados fueron que en comparación con la mezcla de concreto simple, la sustitución de grandes cantidades de AF y AG con caucho reduce el esfuerzo en compresión en un 49 % y un 85 % para las mezclas 30% reemplazo de concreto con fibras y 60% reemplazo de concreto con fibras, respectivamente, por otro lado Kumar et al. (2021) que la resistencia a la flexión y a la tracción dividida de todas las mezclas de concreto mejoró con la adición de fibras tipo acero recicladas en 0.5 %, 1 % y 1.5 %, pero la inclusión del 1 % con fibras tipo acero recicladas mostró un mayor rendimiento en términos de resistencia a la flexión, resistencia por tracción y también a la compresión, además Karimi Pour et al. (2022) con la adición de (5 %, 10 % y 15 %) de agregados de neumáticos de caucho, con (2 %) de fibras de polipropileno conduce a un aumento en resistencia a la flexión del 34 %, 24 %, 16 % y 6 %, respectivamente, en

relación con la muestra de control, además Gao et al. (2022) que el contenido por partículas con caucho es del 15 al 20%, la tenacidad a la compresión del concreto de caucho y fibra de acero mejora de forma más evidente, por ende Eren et al. (2021) sus principales resultados fueron que el caucho de neumáticos reciclados afectó negativamente las propiedades en estado fresco y se redujeron más con las fibras de acero.

## **Metodología**

### **Diseño Metodológico**

El diseño de la investigación de acuerdo con Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018), es Cuasi experimental, ya que el diseño manipula una variable independiente ya que se realizará una relación causal entre la sustitución de gomas de neumáticos desechados en porcentajes por los agregados y fibras de acero.

### ***Tipo y Diseño de Investigación***

Tipo de investigación de acuerdo con Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018) es Aplicada ya que el estudio se llevará a cabo realizando ensayos de laboratorio para determinar el comportamiento del concreto mediante la sustitución de gomas de neumáticos desechados en porcentajes por los agregados y fibras de acero.

Enfoque de investigación de acuerdo con Hernández Sampieri & Mendoza Torres (2018), es Cuantitativo ya que se emplea la recolección de datos mediante los ensayos de laboratorio para probar las hipótesis.

## Materiales y Métodos

### Materiales

#### *Cemento*

Para el desarrollo de la presente investigación se utiliza cemento Portland Puzolánico Rumi IP como material aglutinante, se utiliza este tipo de cemento debido a que es de uso común/comercial puesto que el concreto no será expuesto a condiciones climáticas relativamente frío y también libre de ataques de sulfatos, cumpliendo con la norma técnica Peruana (NTP 334.009) y norma técnica americana (ASTM C-150), con una cantidad por bolsa de 42.5 kg, para emplear en el diseño de mezcla y elaborar todas las muestras de concreto a experimentar. Las propiedades obtenidas de la ficha técnica se detallan en la tabla 1.

**Tabla 1**

*Propiedades de la ficha técnica: cemento Rumi IP*

<b>Cemento</b>	<b>Peso específico (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Expansión en Autoclave (%)</b>	<b>Fraguado Vicat inicial (minutos)</b>	<b>Contenido de aire</b>	<b>P. U. suelto (kg/m<sup>3</sup>)</b>
Rumi IP	2.85	0.07-0.03	170-270	2.5-8.0	1500

#### *Agregados*

Para el estudio se utiliza como agregado grueso (piedra triturada) para ser utilizados en el diseño de mezcla siendo extraídos de la planta chancadora ubicada a las afueras de Cabanillas, empleando los límites del Huso 6 determinados por la NTP 400.037 y como agregado fino (arena natural), se obtuvo de la cantera Cabanillas, a todas las muestras se le realizaron ensayos para determinar sus propiedades físicas tales como el contenido de humedad (ASTM C566-19), peso

específico y absorción en fiola (ASTM C128-15) y en canastilla (ASTM C127-15), peso unitario suelto y compactado (ASTM C29/C29M-17a) y el análisis granulométrico por tamizado (ASTM C33/C33M-18). Las propiedades se detallan en la tabla 2 y 3.

**Tabla 2**

*Propiedades de los agregados*

<b>Propiedades físicas</b>	<b>Agregado grueso</b>	<b>Agregado fino</b>
Tamaño máximo (T.M.)	1"	-
Módulo de finura (M.F.)	-	2.90
Tamaño máximo nominal (T.M.N.)	3/4"	-
Humedad (%)	0.44	3.96
Peso unitario suelto (g/cm <sup>3</sup> )	1295.40	1659.90
Peso unitario compactado (g/cm <sup>3</sup> )	1474.20	1754.10
Peso específico s.s.s.(g/cm <sup>3</sup> )	2.608	2.569
Absorción (%)	1.51	4.06

**Figura 1.**

*Ensayos a los agregados*



**Tabla 3***Propiedades de los agregados*

<b>Tamiz</b>	<b>Agregado grueso % que pasa</b>	<b>Agregado fino % que pasa</b>
<b>1"</b>	100	-
<b>3/4"</b>	99.2	-
<b>1/2"</b>	40.6	-
<b>3/8"</b>	9.6	100
<b>1/4"</b>	0.2	100
<b>N°4</b>	0.1	93.8
<b>N°8</b>	-	83.1
<b>N°16</b>	-	66.5
<b>N°30</b>	-	39.9
<b>N°50</b>	-	18.9
<b>N°100</b>	-	7.4
<b>N°200</b>	-	1.9
<b>&lt;N°200</b>	-	-

**Figura 2.***Ensayos a los agregados*

### ***Caucho de Neumáticos***

Para la obtención del CG se recolecto neumáticos del área de estudio y luego se procedió a cortar con herramienta manual como el arco de sierra en tamaños equivalentes a ½”, después se procedió con el tamizado para así obtener el tamaño ideal para ser reemplazo con la piedra chancada. Las partículas de CG y CM se les procedió a realizar ensayos de densidad para cada tipo CG la ASTM D1895 y para el CM la NCh1070 , de acuerdo con Polydorou et al. (2022) con sustituciones altas de CG obteniendo mejor amortiguamiento de igual manera Alsaif et al. (2019) y además Karimi Pour et al. (2022) con una sustitución menor, de igual manera Gao et al. (2022) todos ellos se sustituyen con el tamaño equivalente a su diseño, por ello se utiliza tamaños equivalentes de CG a ½” y CM por los finos, tales cauchos se utiliza en sustitución de los agregados con dos porcentajes volumétricos diferentes (25% y 55%), en base a estudios previos. Las propiedades del CG y CM se detallan en la tabla 4.

**Tabla 4**

*Propiedades del caucho*

<b>Caucho</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Tamaño</b>
Granular	1.20	1/2”
Molido	1.05	N°30

**Figura 3.***Ensayos al CG y CM***Fibras de Acero de Neumáticos**

Para la obtención de las FS, estas fueron extraídas de la zona de los costados y no de la zona superior de cada neumático que se recolectaron, luego se procedió al cortado con herramienta manual como la cizalla cada una de las FS extraídas en dos diferentes tipos de tamaños aproximadamente 63.5 mm y 30.9 mm de acuerdo con el promedio del total de las fibras, de acuerdo con Tate et al. (2020) y Kumar et al. (2021) con adiciones de 1.5% obteniendo mejor comportamiento en flexión y además Karimi Pour et al. (2022) adicionando 2%, por ello se cortó dos longitudes diferentes de fibras y 2% en base a estudios previos. Las dimensiones de las fibras de acero se detallan en la tabla 5.

**Tabla 5***Dimensiones de fibra*

<b>Diámetro</b>	<b>longitud</b>
1.79 mm	63.5 mm – 30.9 mm

**Figura 4.***Ensayos a las FS****Mezcla Dosificación de Concreto***

La proporción de la mezcla de concreto se calculó de acuerdo con el procedimiento de diseño ACI-211. El concreto se diseñó para una resistencia a la compresión  $210 \text{ kg/cm}^2$  teniendo en cuenta todos los ensayos aplicados a los materiales empleados en la investigación. El detalle del diseño de la mezcla/proporción se enumera en la tabla 6.

**Tabla 6***Proporciones de mezcla*

<b>Valores de diseño</b>	<b>MC</b>	<b>MC + 2% FS + 25 % CG y CM</b>	<b>MC + 2% FS + 55 % CG y CM</b>
Relación agua cemento	0.47	0.47	0.47
Cemento	414.16 kg/m <sup>3</sup>	414.16 kg/m <sup>3</sup>	414.16 kg/m <sup>3</sup>
Agua diseño	193 l/m <sup>3</sup>	193 l/m <sup>3</sup>	193 l/m <sup>3</sup>

Total aire atrapado diseño	1.5 %	1.5 %	1.5 %
Agregado fino	800.2 kg/m <sup>3</sup>	612.63 kg/m <sup>3</sup>	353.56 kg/m <sup>3</sup>
Agregado grueso	874.2 kg/m <sup>3</sup>	658.55 kg/m <sup>3</sup>	393.39 kg/m <sup>3</sup>
Caucho granular	-	10.06 kg/m <sup>3</sup>	22.12 kg/m <sup>3</sup>
Caucho molido	-	8.03 kg/m <sup>3</sup>	17.66 kg/m <sup>3</sup>
Fibra de acero de neumáticos	-	0.83 kg/m <sup>3</sup>	0.83 kg/m <sup>3</sup>

**Figura 5.**

*Materiales para diseño de mezcla*



## Métodos

### *Resistencia a Compresión*

Para cumplir con el primer objetivo específico se evalúa la resistencia a compresión de la combinación de FS con CG y CM de neumáticos desechados en el concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ . Para ello se realiza ensayos a los 14 y 28 días, se prepara un total de 16 cilindros de 15x30 cm: 6 MC, 5 con 2% FS+25% (CG y CM) y 5 con 2%FS+55% (CG y CM), el procedimiento de la rotura de las muestras es de acuerdo con la NTP 339.034, se vierte la mezcla en tres capas cada uno varillando 25 veces cada probeta con el concreto fresco, así evitar espacios vacíos, luego de 24 horas se procede al curado de las muestras sumergiéndolas en un estanque con agua de acuerdo con la NTP 339.183. Además, se evalúa el módulo de elasticidad estático colocando diales en las

probetas de concreto en el momento de realizar el ensayo de compresión, todos los datos recolectados al término del ensayo son procesados con el análisis estadístico de varianza anova para comparar las medias y después el análisis post hot de Turkey para la deferencia entre los grupos.

**Tabla 7**

*Proporciones de mezcla*

<b>Muestras</b>	<b>14 días</b>	<b>28 días</b>
MC	3	3
2% FS+25% (CG y CM)	2	3
2%FS+55% (CG y CM)	2	3

**Figura 6.**

*Ensayo -resistencia a compresión.*



### ***Resistencia a Flexión***

Para cumplir con el segundo objetivo específico se evalúa la resistencia a flexión de la combinación de FS con CG y CM de neumáticos desechados en el concreto  $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ . Para ello, se realiza pruebas a los 28 días, se prepara un total de 11 muestras de  $15 \times 15 \times 45$  cm: 3 MC, 4 con 2%FS+25% (CG y CM) y 4 con 2%FS+55% (CG y CM), efectuando el procedimiento del ensayo para determinar el módulo de rotura de las muestras acuerdo con la norma ASTM C78-08, se procede a colocar el concreto en fresco en dos capas en los moldes preparados con desmoldante con la medidas normadas para el ensayo, así mismo varillando cada viga para evitar los espacios vacíos, luego de 24 horas se procede al curado sumergiendo las muestras en agua de acuerdo con la NTP 339.183. La carga se aplica según el método de carga del cuarto punto y además se utiliza 2 diales de desplazamiento lineal en la región de máximo momento flector, todos los datos recopilados al término del ensayo serán graficados para obtener una comparación visual más clara y también son procesados con el análisis estadístico de varianza anova para comparar las medias y después el análisis post hot de Turkey para la deferencia entre los grupos.

**Tabla 8**

*Proporciones de mezcla*

<b>Muestras</b>	<b>28 días</b>
MC	3
2% FS+25% (CG y CM)	4
2%FS+55% (CG y CM)	4

**Figura 7.***Ensayo - Resistencia a flexión.****Resistencia a la División por Tracción***

Para cumplir con el tercer objetivo específico se evalúa la resistencia a la división por tracción de la combinación de FS con CG y CM de neumáticos desechados en el concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Para evaluar la resistencia a tracción, se realiza pruebas a los 28 días, se prepararon un total de 9 cilindros de 15x30 cm: 3 MC, 3 con 2%FS+25% (CG y CM) y 3 con 2%FS+55% (CG y CM), el procedimiento de la rotura para la división o el comportamiento por hundimiento de las muestras es de acuerdo con la ASTM C496, se preparan las muestras con el concreto fresco en tres capas en los moldes cilíndricos varillando 25 veces cada probeta con el concreto fresco, así evitar espacios vacíos, luego de 24 horas se procede al curado de las muestras sumergiéndolas en un estanque con agua de acuerdo con la NTP 339.183, todos los datos extraídos al término del ensayo serán graficados en barras para obtener una comparación visual más clara y también son

procesados con el análisis estadístico de varianza anova para comparar las medias y después el análisis post hot de Turkey para la deferencia entre los grupos.

**Tabla 9**

*Proporciones de mezcla*

Muestras	28 días
MC	3
2% FS+25% (CG y CM)	3
2%FS+55% (CG y CM)	3

**Figura 8.**

*Ensayo - Resistencia a la división por Tracción.*



### **Contenido de Aire**

Para cumplir con el cuarto objetivo específico se evalúa el contenido de aire de la combinación de FS con CG y CM de neumáticos desechados en el concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Para determinar el contenido de aire de las muestras, se realiza la prueba en cada una de las mezclas realizadas con el concreto en estado fresco, tanto para la MC y con 2%FS+25% (CG y CM) y con

2%FS+55% (CG y CM) de acuerdo con la norma ASTM C231, se procediendo a verter la mezcla en tres capas, cada una de ellas se varilla 25 veces con el concreto en estado fresco realizando para cada tipo de muestras en la olla de Washington, todos los datos extraídos al término del ensayo se les aplicara las medias con ello realizando grafico de barras para obtener una comparación visual más clara.

**Tabla 10**

*Proporciones de mezcla*

Muestras	Mezcla fresca
MC	1
2% FS+25% (CG y CM)	2
2%FS+55% (CG y CM)	2

**Figura 9.**

*Ensayo - Contenido de aire.*



### ***Trabajabilidad***

Se evalúa la trabajabilidad de la combinación de FS con CG y CM de neumáticos desechados en el concreto  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ . Para evaluar la trabajabilidad del concreto fresco, se realiza la prueba en cada una de las mezclas realizadas con el concreto en estado fresco, tanto para la MC y con 2%FS+25% (CG y CM) y con 2%FS+55% (CG y CM), con el procedimiento de la

norma ASTM C143, procediendo a verter la mezcla de concreto en estado fresco en tres capas cada uno varillando 25 veces en cada tipo de muestra en el cono de abrams con su respectivo varillado, todos los datos recolectados al término del ensayo se les aplicara las medias con ello realizando grafico de barras para obtener una comparación visual más clara.

**Tabla 11**

*Proporciones de mezcla*

Muestras	Mezcla fresca
MC	2
2% FS+25% (CG y CM)	2
2%FS+55% (CG y CM)	2

**Figura 10.**

*Ensayo - Trabajabilidad.*



## Resultados y Discusión

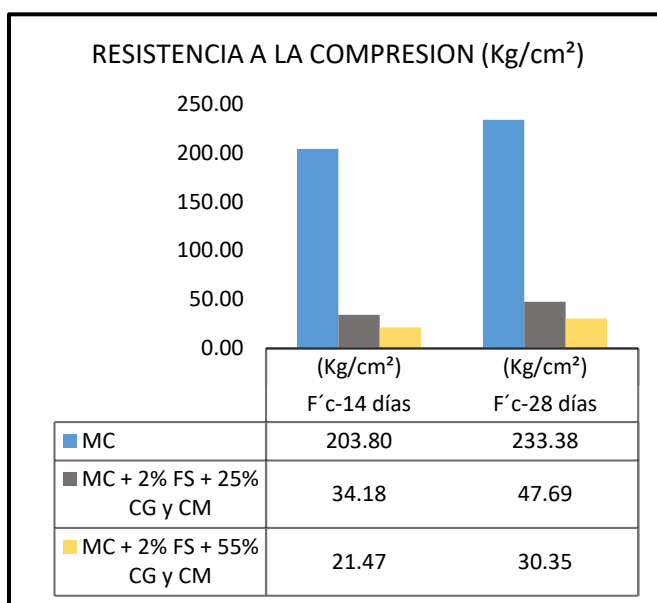
### Resistencia a la Compresión

Las resistencias a la compresión obtenidas de la MC son 203.80 y 233.38 kg/cm<sup>2</sup> a los 14 y 28 días, respectivamente. Los resultados del efecto del uso de FS, CG y CM como proporción de reemplazo de los agregados para el segundo grupo de MC + 2% de FS + 25 % CG y CM disminuyen la resistencia a la compresión a los 14 y 28 días en 34.18 y 47.69 kg/cm<sup>2</sup>, en el tercer grupo, la adición de MC + 2% de FS + 55 % CG y CM tiene un ligero efecto con el segundo grupo, las resistencias a la compresión a los 14 y 28 días disminuyen en 21.47 y 30.35 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con la MC. Así mismo Fernandez-Torrez et al. (2022) obtuvo que para la mezcla de 20% de residuos de caucho de neumático fue 128.99 kg/cm<sup>2</sup> para los 7 días y 188.14 kg/cm<sup>2</sup> en el caso de los 28 días, registro una reducción con respecto a su muestra de referencia para los 7 días 165.3 kg/cm<sup>2</sup> y 28 días 219.34 kg/cm<sup>2</sup>. De igual manera Alsaif et al. (2019) menciona que en comparación con la mezcla de concreto simple con una resistencia 1040.11 kg/cm<sup>2</sup> y en la sustitución de agregados por caucho reduce la resistencia a compresión en 530.25 kg/cm<sup>2</sup> y 152.96 kg/cm<sup>2</sup> para las mezclas 30% reemplazo de concreto con fibras y 60% reemplazo de concreto con fibras, respectivamente. Así mismo Polydorou et al. (2022) obtuvo una resistencia a los 28 días de 35.69 kg/cm<sup>2</sup> obtenida de Concreto reforzado con fibra de acero y caucho, inferior en comparación del Concreto simple que alcanzo una resistencia a los 28 días de 529.44 kg/cm<sup>2</sup>. Estos resultados concuerdan con lo que se halló ya que, para ambas edades y mezclas, existe una reducción en el esfuerzo a compresión a medida que aumenta el remplazo del agregado por CG y CM, La disminución en la resistencia a compresión se debe a la baja densidad del caucho, que genera una distribución heterogénea en la matriz del concreto, afectando la capacidad del material para resistir

cargas compresivas. Esta heterogeneidad en la estructura interna debilita la cohesión entre las partículas. Los resultados del esfuerzo a la compresión se ilustran en la Fig. 11.

**Figura 31**

*Resistencia a la compresión*



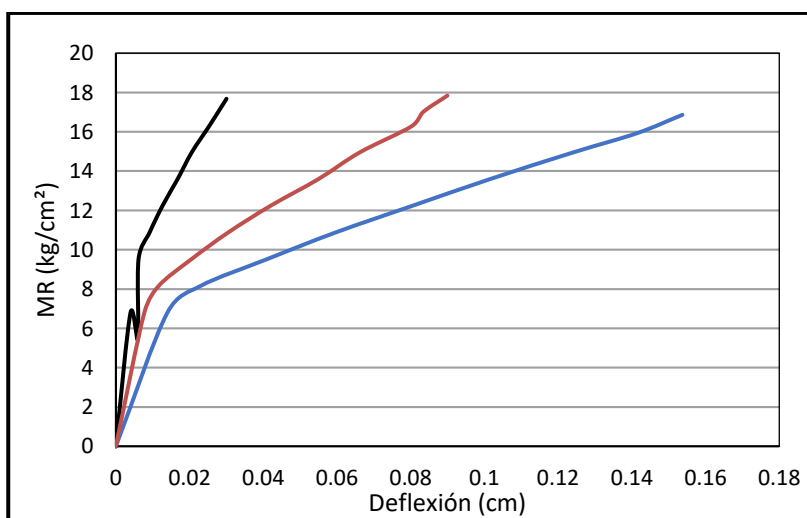
### **Resistencia a Flexión**

Para la MC, el módulo de rotura en el primer grupo es de 25.3 kg/cm<sup>2</sup>, Para el segundo grupo MC + 2% FS + 25 % CG y CM los valores del módulo de rotura es de 17.8 kg/cm<sup>2</sup>, disminuyendo con respecto a la MC. Por otro lado, el tercer grupo MC + 2% FS + 55 % CG y CM presenta valores de 16.9 kg/cm<sup>2</sup> inferiores con respecto a los grupos anteriores. De forma similar Fernandez-Torrez et al. (2022) consiguió para 20% residuos de caucho de neumático 45.28 kg/cm<sup>2</sup> con una disminución con respecto a su muestra de referencia 54.66 kg/cm<sup>2</sup>, asimismo Alsaif et al.

(2019) obtuvo  $41.81 \text{ kg/cm}^2$  para 60% de reemplazo de concreto con fibra con una disminución respecto a su muestra de concreto simple de  $71.38 \text{ kg/cm}^2$ , de igual manera Tate et al. (2020) obtuvo  $46.5 \text{ kg/cm}^2$  para su muestra control y halló una disminución en la muestra 50% de caucho  $33.65 \text{ kg/cm}^2$ , Estos resultados concuerdan con los obtenidos ya que el empleo de CG, CM y FS tienen una influencia notable sobre los valores de resistencia a la flexión respecto a la MC, las FS generan una influencia en la propagación de fisuras en la prueba de flexión lo que reduce el comportamiento de falla repentina, la atribución de la reducción del módulo de rotura en el segundo y tercer grupo se produce a la débil unión entre el concreto y el caucho, Los resultados de la resistencia a flexión se ilustran en la Fig. 12.

#### Figura 14

##### *Deflexión de vigas*



**Nota:** Módulo de rotura (MR) frente a la deflexión.

**Tabla 12**

*Resultados de deflexiones en vigas a los 28 días.*

<b>Mezcla</b>	<b>Fuerza (kg)</b>	<b>Módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Lectura (cm)</b>	<b>E (tramo) kg/cm<sup>2</sup></b>
MC	1898.0	25.3	0.0540	10417.9
MC + 2% FS + 25% CG y CM	1338.0	17.8	0.0900	1546.1
MC + 2% FS + 55% CG y CM	1264.5	16.9	0.1538	2814.5

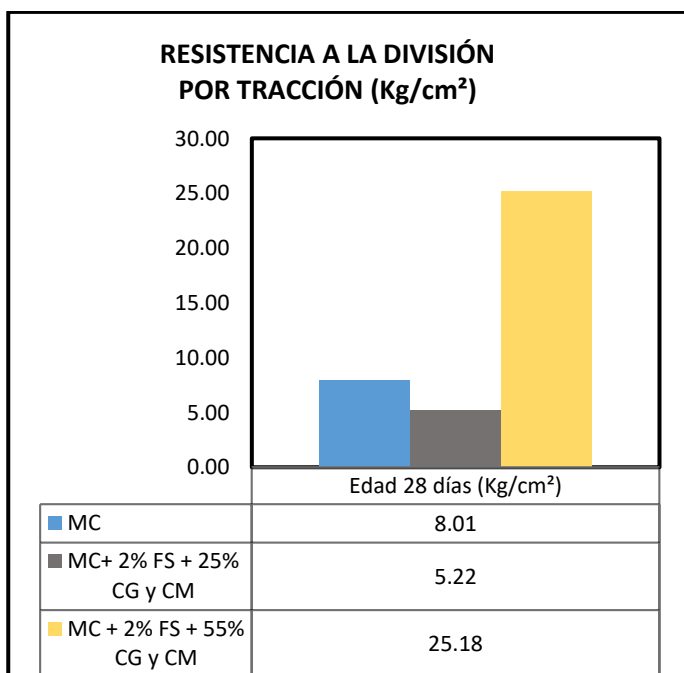
### **Resistencia a la División por Tracción**

El valor de resistencia a la tracción para la MC es 8.01 kg/cm<sup>2</sup> en el primer grupo, para el segundo grupo de MC + 2% de FS + 25 % CG y CM, es de 5.22 kg/cm<sup>2</sup>, los resultados de la resistencia a la tracción para el tercer grupo de MC + 2% de FS + 55 % CG y CM, es de 25.18 kg/cm<sup>2</sup>, aumentando la resistencia a la tracción, en comparación con el segundo grupo el reemplazo reduce la resistencia a la tracción en comparación con la MC. Sin embargo Eren et al. (2021) obtuvo para su muestra sin tratamiento una resistencia a la tracción de 34.98 kg/cm<sup>2</sup>, fibra de acero 1% de virutas de caucho 15% de 47.42 kg/cm<sup>2</sup> incrementando su resistencia con respecto a su muestra control de igual manera Karimi Pour et al. (2022) obtuvo para su muestra control una resistencia de 44.87 kg/cm<sup>2</sup> y para 20% agregados de caucho más 2% fibra de polipropileno con una resistencia de 46.91 kg/cm<sup>2</sup> obteniendo un incremento con respecto a su muestra control. Este resultado contradice al obtenido con el Segundo grupo sin embargo Fernandez-Torrez et al. (2022) obtuvo una resistencia para su muestra de referencia de 23.25 kg/cm<sup>2</sup> y registro una reducción con respecto al 20% residuos de caucho de neumático de 21.11 kg/cm<sup>2</sup>. Este resultado concuerda con el segundo grupo, en cambio para el tercer grupo la utilización de varias proporciones de CG y CM como reemplazo del agregado mejora la resistencia a la tracción, en comparación con la MC.

El estudio muestra una mejora más significativa al combinar 55% de CG y CM con 2% de FS, lo que aporta una nueva perspectiva sobre el potencial de estas combinaciones. La Fig. 13 presenta los resultados de la tracción por división de todas las mezclas a los 28 días.

**Figura 13**

*Resistencia a la división por tracción*



**Figura 14.***MC.**MC + 2% FS + 25% CG y CM**MC + 2% FS + 55 % CG y CM*

En la Figura. 14 se muestra la forma de rotura de las probetas de concreto después del ensayo de tracción para mezclas que contienen proporciones de FS, CG y CM. Mejora notablemente la resistencia a la tracción al reducir el ancho máximo de grieta el tercer grupo. Sin embargo, una vez que la grieta ya había comenzado, la rápida propagación de la fractura fue controlada por la acción de puente de las fibras. simplemente se produjo agrietamiento en la superficie del concreto y la muestra no colapsó.

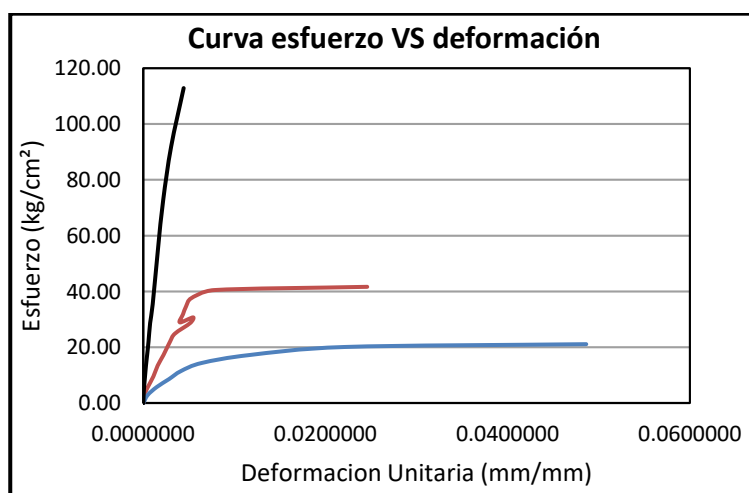
### **Módulo de Elasticidad**

El uso de CG, CM y FS reduce el módulo de elasticidad en el segundo grupo MC + 2% FS + 25% CG y CM de 58615.7 kg/cm<sup>2</sup>. Por otro lado, en el tercer grupo MC + 2% FS + 55% CG y CM de 25604.8 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con el de la MC de 304510.9 kg/cm<sup>2</sup>. Sin embargo Eren et al. (2021) obtuvo 211387.17 kg/cm<sup>2</sup> para su muestra control y halló un aumento en la muestra con fibra de acero 1% caucho granular 15% 233209.1 kg/cm<sup>2</sup>. Este resultado contradice a lo obtenido ya que el módulo de elasticidad disminuye a medida que aumenta el CG, CM, la dureza del concreto y la unión entre el agregado, CG, CM y FS afectan el módulo elástico del concreto. El módulo de elasticidad es proporcional al esfuerzo a la compresión; una mayor resistencia da

como resultado un mayor módulo de elasticidad. La tabla 12 muestra los resultados del módulo elástico en comparación a la MC.

**Figura 15**

*Deformación probetas de concreto*



**Tabla 13**

*Resultados deformaciones en probetas a los 28 días.*

<b>Mezcla</b>	<b>Carga (kg)</b>	<b>Deformación (mm)</b>	<b>Esfuerzo (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Modulo Ec (kg/cm<sup>2</sup>)</b>
MC	38722.1	0.2	218.5699	304510.9
MC + 2% FS + 25% CG y CM	7343.9	0.3	41.6142	58615.7
MC + 2% FS + 55% CG y CM	3746.0	0.6	21.0863	25604.8

**Figura 16.**

*Ensayo módulo de Elasticidad.*

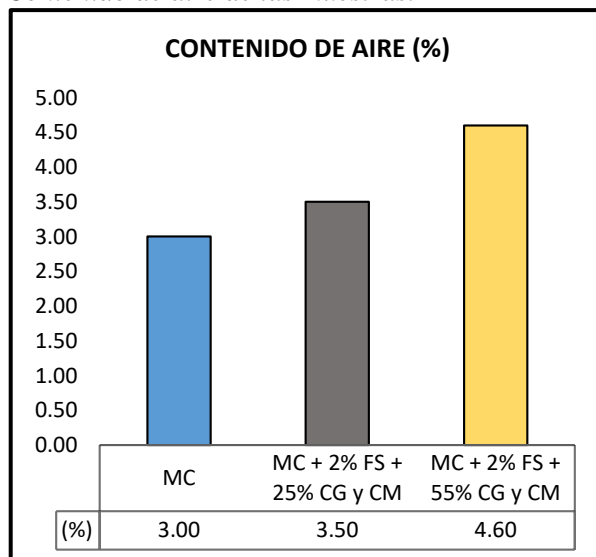


### **Contenido de Aire**

El valor del contenido de aire para el primer grupo de la MC, es de 3%. Mientras tanto, los resultados de contenido de aire para el segundo grupo de MC + 2% de FS + 25 % CG y CM, aumenta de 3.5%, el tercer grupo de MC + 2% de FS + 55 % CG y CM aumenta los resultados del contenido de aire en 4.6%, en comparación con la MC. Sin embargo Tate et al. (2020) halló que el contenido de aire de la mezcla de control fue de 5,2 %, mostrando una reducción del 4.5% para las muestras de 20% caucho y 50% caucho. Este resultado contradice a lo que se obtuvo ya que es posible que las partículas de CM tuvieran efectos insignificantes en el contenido de aire, a diferencia de los trozos de neumáticos más grandes ya que el CG repele naturalmente el agua. Todos los resultados de la mezcla de concreto se exponen en la Figura 17.

**Figura 17**

*Contenido de aire de las muestras.*



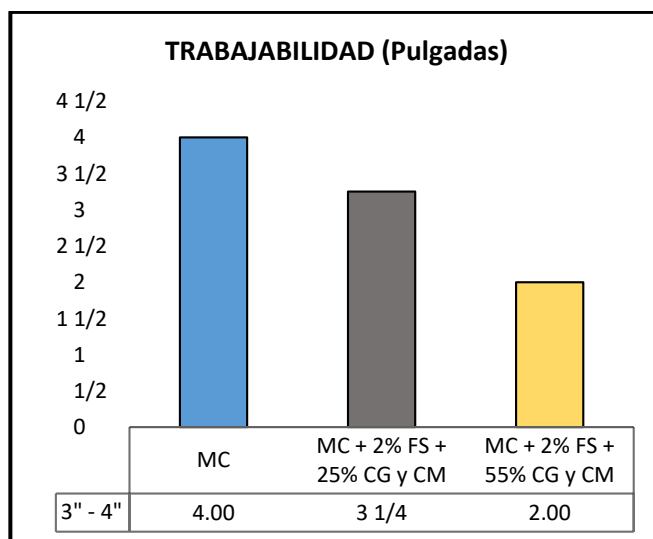
## **Trabajabilidad**

El valor del asentamiento para el primer grupo de la MC, es de 4". Mientras tanto, los resultados de asentamiento para el segundo grupo de MC + 2% de FS + 25 % CG y CM, reduce aproximadamente 3 1/4", para el tercer grupo de MC + 2% de FS + 55 % CG y CM, reduce el asentamiento en aproximadamente 2", en comparación con la MC, de forma similar Fernandez-Torrez et al. (2022) logro obtener que al aumentar el contenido de residuos de caucho de neumático, el asentamiento del concreto disminuye, el rango de reducción está entre 1 31/32" y 15/32" para 5 y 20% de residuos de caucho de neumático, respectivamente, de igual manera Tate et al. (2020) demuestra que la mayor concentración de caucho pareció tener efectos de reducción en el asentamiento, con un asentamiento bastante consistente del 31.75 mm (1.25") y 44.45 mm (1.75") respectivamente para el 20% y 50% de caucho. Asimismo Gao et al. (2022) demostró que el asentamiento del concreto de caucho con fibras de acero 15% es de solo 1.8", lo que se reduce en 0.35" mm y un 20 % en comparación con el del concreto de caucho 15%. Estos resultados

concuerdan con lo que se halló pues esto significa que al aumentar la tasa de remplazo de CG, CM y FS se reducen los valores de asentamiento en la mezcla de concreto. Todos los resultados de la mezcla de concreto se exponen en la figura 18.

**Figura 18**

*Trabajabilidad de las muestras.*



## Análisis Estadístico.

### Resistencia a la Compresión

El análisis se realizó para evaluar el impacto de las variables independientes, que incluyen el Elemento (FS, CG y CM), sobre las variables dependientes, como la Carga máxima y la Resistencia a la rotura.

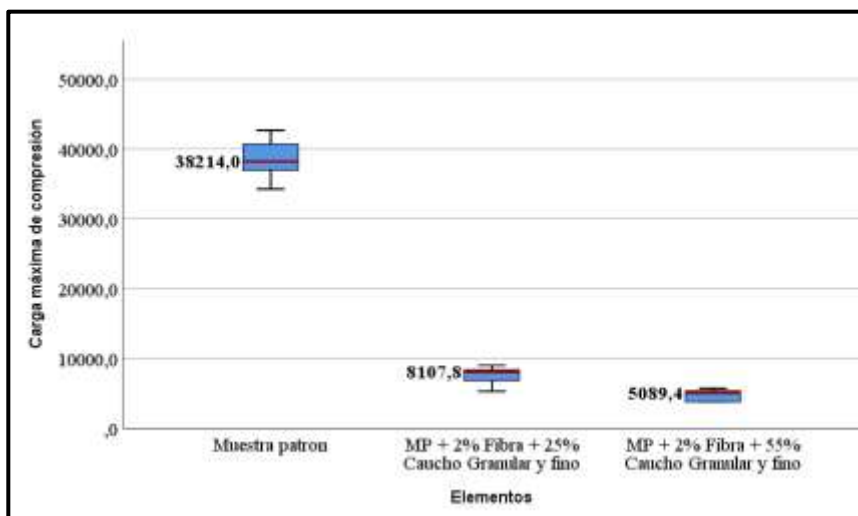
### Hipótesis Estadística

**H<sub>0</sub>.** No hay diferencias significativas en las medias de carga máxima de compresión entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**H<sub>1</sub>.** Hay diferencias significativas en las medias de carga máxima de compresión entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**Figura 19**

*Diagrama de cajas Simple de Carga máxima de compresión por Elemento*



**MC**

- Mediana (Q2): 38214,0 kg. Esto significa que la mitad de las muestras patrón soportaron una carga máxima de compresión menor o igual a 38214 kg, y la otra mitad soportó una carga mayor.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es relativamente amplia, lo que muestra una variabilidad considerable en los datos. Es decir, hay una diferencia significativa entre el valor del primer cuartil (25% de los datos) y el tercer cuartil (75% de los datos).

**MC+2% FS+25% CG y CM**

- Mediana (Q2): 8107,8 kg. La mediana es significativamente menor que la de la muestra patrón, lo que indica una menor resistencia a la compresión en promedio.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es mucho más estrecha que la de la muestra patrón, lo que muestra una menor variabilidad en los datos. Los valores de carga máxima de compresión de este grupo están más concentrados alrededor de la mediana.

**MC+2% FS+55% CG y CM**

- Mediana (Q2): 5089,4 kg. La mediana es la más baja de las tres, lo que indica la menor resistencia a la compresión de este grupo.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es la más estrecha de las tres, lo que muestra una variabilidad aún menor en los datos. Los valores de carga máxima de compresión de este grupo están muy concentrados alrededor de la mediana.

Esto manifiesta que la incorporación de fibras metálicas y la sustitución de caucho en porcentajes de agregado en las proporciones indicadas puede reducir la resistencia a compresión del material.

**Tabla 14***Anova de la Carga Máxima de Compresión*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	3944316776,87	2	1972158388,43	449,560	0,000
Dentro de grupos	57029284,53	13	4386868,04		
Total	4001346061,40	15			

El análisis de varianza (ANOVA) revela que hay diferencias significativas en la carga máxima de compresión entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y la MC + 2% Fs + 55% CG y CM ( $F=449,560$ ,  $p=0,000$ ). Esto rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), confirmando que la adición de fibras y caucho afecta significativamente la resistencia a la compresión del concreto.

**Tabla 15***Carga máxima de compresión, Tukey*

<b>Elemento</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>
MC + 2% Fibra + 55% CG y CM	5	4764,1300	
MC + 2% Fibra + 25% CG y CM	5	7534,5080	
MC	6		38502,0800
Sig.		0,118	1,000

La tabla presenta los resultados de la prueba Tukey para la comparación de la carga máxima de compresión entre tres tipos de muestras, con un nivel de significancia de 0.05. Los valores se agrupan en dos subconjuntos homogéneos según las diferencias en la resistencia a la compresión. El primer subconjunto incluye MC + 2% Fibra + 55% CG y CM y MC + 2% Fibra + 25% CG y CM, con cargas medias de 4764.13 kg y 7534.51 kg, respectivamente, sin diferencias significativas

entre sí (significancia de 0.118). En cambio, la MC, con una carga media mucho mayor de 38502.08 kg, forma un subconjunto independiente, indicando una diferencia significativa en comparación con las otras dos muestras (significancia de 1.000).

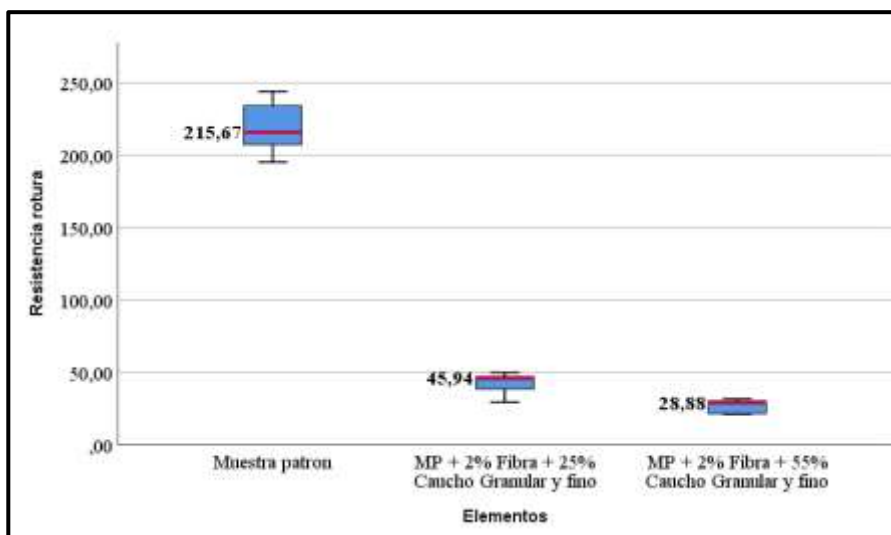
### *Hipótesis Estadística*

**H<sub>0</sub>.** No hay diferencias significativas en las medias de resistencia a la rotura entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**H<sub>1</sub>.** Hay diferencias significativas en las medias de resistencia a la rotura entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**Figura 20**

*Diagrama de cajas Simple de Resistencia rotura por Elementos*



***MC***

- Mediana (Q2): 215.67 kg/cm<sup>2</sup>. Esto indica que la mitad de las muestras patrón tienen una resistencia a la rotura menor o igual a 215.67 kg/cm<sup>2</sup>, y la otra mitad tiene una resistencia mayor.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es relativamente amplia, lo que muestra una variabilidad considerable en los datos. Es decir, hay una diferencia significativa entre el valor del primer cuartil (25% de los datos) y el tercer cuartil (75% de los datos).

***MC + 2% FS + 25% CG y CM***

- Mediana (Q2): 45.94 kg/cm<sup>2</sup>. La mediana es significativamente menor que la de la muestra patrón, lo que indica una menor resistencia a la rotura en promedio.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es mucho más estrecha que la de la muestra patrón, lo que muestra una menor variabilidad en los datos. Los valores de resistencia a la rotura de este grupo están más concentrados alrededor de la mediana.

***MC + 2% FS + 55% CG y CM***

- Mediana (Q2): 28.88 kg/cm<sup>2</sup>. La mediana es la más baja de las tres, lo que indica la menor resistencia a la rotura de este grupo.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es la más estrecha de las tres, lo que muestra una variabilidad aún menor en los datos. Los valores de resistencia a la rotura de este grupo están muy concentrados alrededor de la mediana.

Esto indica que la adición de estos materiales afecta negativamente la capacidad del concreto para resistir cargas antes de fracturarse.

**Tabla 16***Anova de la resistencia a la rotura*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática F</b>		<b>Sig.</b>
Entre grupos	127623,334	2	63811,667	407,718	0,000
Dentro de grupos	2034,622	13	156,509		
Total	129657,955	15			

El ANOVA, revela que hay diferencias significativas en la resistencia a la rotura entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y MC + 2% Fs y 55% CG y CM ( $F=407,718$ ,  $p=0,000$ ). Esto confirma que la adición de fibras y caucho en diferentes proporciones afecta significativamente la resistencia a la rotura del concreto, rechazando la hipótesis nula ( $H_0$ ) y apoyando la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

**Tabla 17***Resistencia Rotura, Tukey*

<b>Elemento</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>
MC + 2% FS + 55% CG y CM	5	26,8000	
MC + 2% FS + 25% CG y CM	5	42,2840	
MC	6		218,5883
Sig.		0,148	1,000

La Tabla muestra los resultados de la prueba de Tukey para comparar la resistencia a la rotura entre tres tipos de muestras, usando un nivel de significancia de 0.05. Los resultados se dividen en dos subconjuntos homogéneos. En el primer subconjunto, las muestras MC + 2% FS + 55% CG y CM y MC + 2% FS + 25% CG y CM tienen resistencias medias a la rotura de 26.8 y 42.28 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, sin diferencias significativas entre ellas (significancia de 0.148). La MC, con una resistencia media de 218.59 kg/cm<sup>2</sup>, forma un subconjunto independiente, indicando una resistencia a la rotura significativamente mayor (significancia de 1.000).

### **Resistencia a Flexión**

Los resultados de las pruebas muestran efectos significativos en relación con las variables dependientes como el módulo de rotura y la lectura.

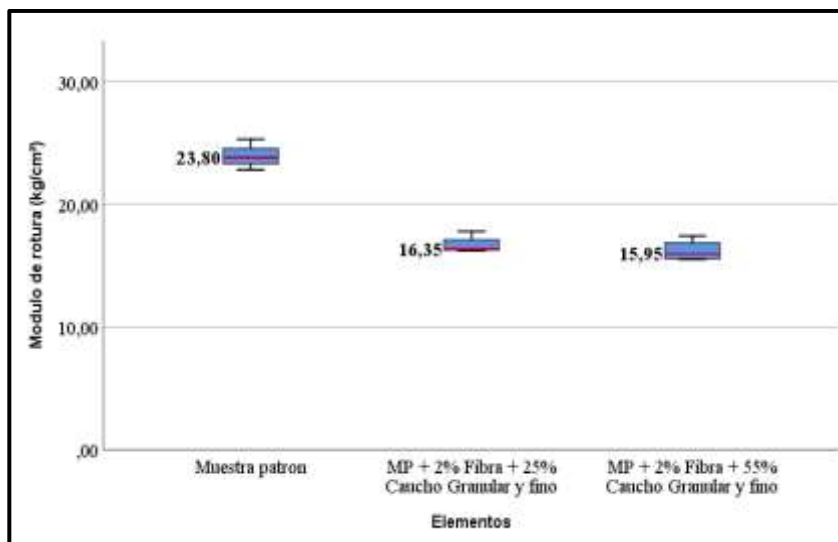
#### ***Hipótesis estadística***

**H<sub>0</sub>.** No hay diferencias significativas en las medias del Modulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>) entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**H<sub>1</sub>.** hay diferencias significativas en las medias del Modulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>) entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**Figura 21**

*Diagrama de cajas Simple de Modulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>) por Elemento*



### *MC*

- Mediana (Q2): 23,80 kg/cm<sup>2</sup>. Esto significa que la mitad de las muestras patrón tienen un módulo de rotura menor o igual a 23,80 kg/cm<sup>2</sup>, y la otra mitad tiene un módulo de rotura mayor.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es relativamente amplia, lo que muestra una variabilidad considerable en los datos. Es decir, hay una diferencia significativa entre el valor del primer cuartil (25% de los datos) y el tercer cuartil (75% de los datos).

### *MC+2% FS+25% CG y CM*

- Mediana (Q2): 16,35 kg/cm<sup>2</sup>. La mediana es significativamente menor que la de la muestra patrón, lo que indica una menor resistencia a la rotura en promedio.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es mucho más estrecha que la de la muestra patrón, lo que muestra una menor variabilidad en los datos. Los valores del módulo de rotura de este grupo están más concentrados alrededor de la mediana.

**MC+2% FS+55% CG y CM**

- Mediana (Q2): 15,95 kg/cm<sup>2</sup>. La mediana es la más baja de las tres, lo que indica la menor resistencia a la rotura de este grupo.
- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es la más estrecha de las tres, lo que muestra una variabilidad aún menor en los datos. Los valores del módulo de rotura de este grupo están muy concentrados alrededor de la mediana.

El diagrama de cajas muestra que el módulo de rotura del concreto disminuye significativamente al aumentar la proporción de fibras y caucho.

**Tabla 18**

*Anova del módulo de rotura*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	124,135	2	62,067	69,212	0,000
Dentro de grupos	7,174	8	0,897		
Total	131,309	10			

El ANOVA revela que hay diferencias significativas ( $p=0,000$ ) en el módulo de rotura entre el concreto patrón, el concreto con 2% de fibra y 25% de caucho, y el concreto con 2% de fibra y 55% de caucho, con un valor F de 69,212. Esto indica que la adición de fibra y caucho en diferentes proporciones afecta significativamente el módulo de rotura, rechazando la hipótesis nula ( $H_0$ ) y confirmando la existencia de diferencias significativas entre los tres grupos.

**Tabla 19***Modulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>), Tukey*

Elemento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
MC + 2% FS + 55% CG y CM	4	16,2000	
MC + 2% FS + 25% CG y CM	4	16,6750	
MC	3		23,9667
Sig.		0,785	1,000

La Tabla presenta los resultados del análisis de Tukey para el módulo de rotura (kg/cm<sup>2</sup>) de tres tipos de muestras, utilizando un nivel de significancia de 0.05. Los datos se agrupan en dos subconjuntos homogéneos. En el primer subconjunto se encuentran las muestras MC + 2% FS + 55% CG y CM y MC + 2% FS + 25% CG y CM, con módulos de rotura medios de 16.2 y 16. 6750 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, sin diferencias significativas entre sí (significancia de 0.785). La CM, con un módulo de rotura medio más alto de 23.9667 kg/cm<sup>2</sup>, forma un subconjunto separado, lo cual indica que su resistencia es mayor en comparación con las muestras con CG y CM, aunque la diferencia no es estadísticamente significativa (significancia de 1.000).

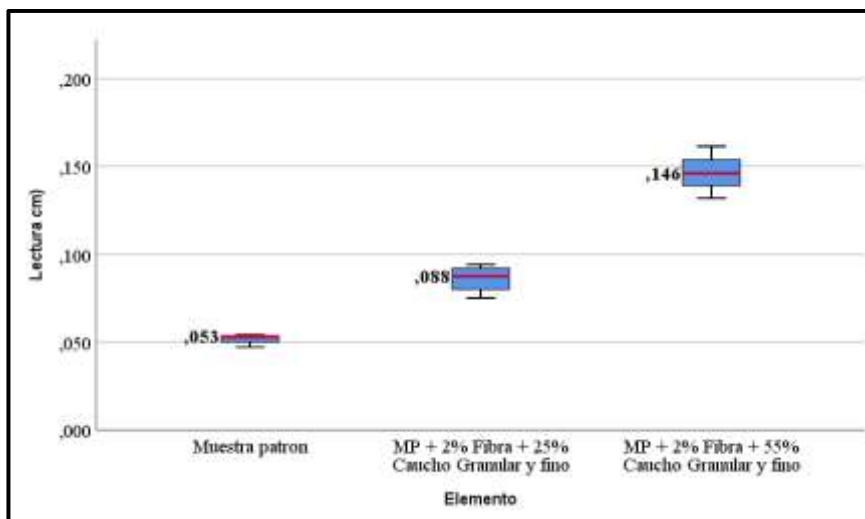
### Hipótesis Estadística

**H<sub>0</sub>.** No hay diferencias significativas en las medias de la Lectura (cm) entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**H<sub>1</sub>.** Hay diferencias significativas en las medias de la Lectura (cm) entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**Figura 22**

*Diagrama de cajas Simple de Lectura (cm) por Elementos*



### **MC**

- Mediana (Q2): 0,53 cm. Esto significa que la mitad de las muestras patrón tienen una lectura menor o igual a 0,53 cm, y la otra mitad tiene una lectura mayor.
- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es relativamente estrecha, lo que muestra una variabilidad baja en los datos. Es decir, los valores de lectura de este grupo están bastante concentrados alrededor de la mediana.

### **MC+2% FS+25% CG y CM**

- Mediana (Q2): 0,88 cm. La mediana es significativamente mayor que la de la muestra patrón, lo que indica una lectura promedio más alta en este grupo.
- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es más amplia que la de la muestra patrón, lo que muestra una variabilidad un poco mayor en los datos.

### **MC+2% FS+55% CG y CM**

- Mediana (Q2): 1,46 cm. La mediana es la más alta de las tres, lo que indica la lectura promedio más alta de este grupo.
- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es la más amplia de las tres, lo que muestra la mayor variabilidad en los datos. Los valores de lectura de este grupo presentan una mayor dispersión.

El diagrama de cajas muestra un aumento considerable en la lectura (cm) a medida que se incrementa la proporción de fibras y caucho en la mezcla, lo que confirma una tendencia al alza en la medida que aumenta la proporción de caucho con fibra.

**Tabla 20**

*Anova de la lectura*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	0,016	2	0,008	98,849	0,000
Dentro de grupos	0,001	8	0,000		
Total	0,017	10			

El ANOVA revela que hay diferencias significativas ( $p=0,000$ ) en la lectura entre el concreto patrón, el concreto con MP + 2% Fibra + 25% Caucho Granular y fino, y el concreto con 2% de fibra y 55% de caucho, con un valor F de 98,849. Esto confirma que la adición de fibra y caucho en diferentes proporciones afecta significativamente en la flexión del concreto, rechazando la hipótesis nula ( $H_0$ ) y demostrando un efecto significativo en la flexión del concreto entre los tres grupos.

**Tabla 21***Lectura, Tukey*

Elemento	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
MC	3	0,05133		
MC + 2% FS + 25% CG y CM	4		0,08600	
MC + 2% FS + 55% CG y CM	4			0,14638
Sig.		1,000	1,000	1,000

La Tabla muestra los resultados de la prueba de Tukey para comparar las lecturas (en cm) entre tres tipos de muestras, utilizando un nivel de significancia de 0.05. Los valores están organizados en tres subconjuntos homogéneos. La MC presenta una lectura media de 0.05133 cm y forma el primer subconjunto. MC + 2% FS + 25% CG y CM" tiene una lectura media de 0.086 cm, ubicándose en el segundo subconjunto. Finalmente, MC + 2% FS + 55% CG y CM muestra la lectura media más alta de 0.14638 cm y se ubica en el tercer subconjunto. Las significancias de 1.000 en cada caso indican que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

### **Resistencia a la División por Tracción**

La hipótesis plantea que la resistencia a la división por tracción del concreto aumenta con la sustitución en porcentajes de CG y CM y Fs de neumáticos desechados.

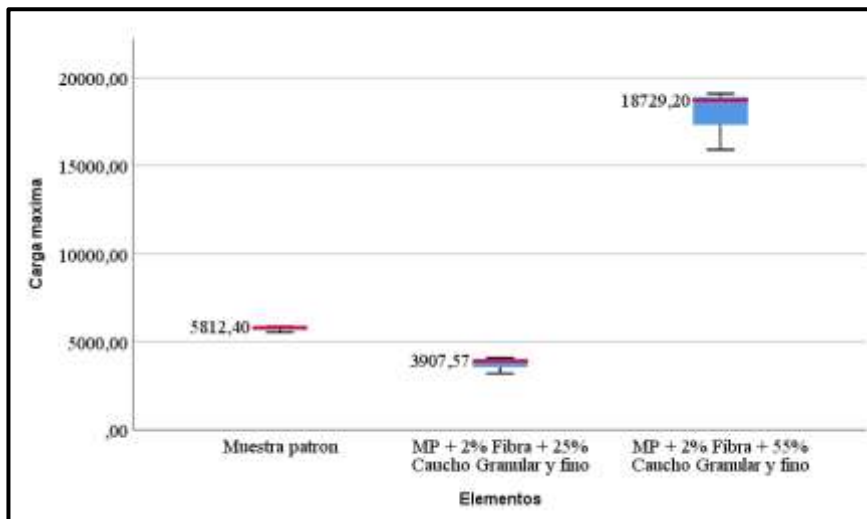
### **Hipótesis Estadística**

**H0.** No hay diferencias significativas en las medias de la carga máxima de tracción entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**H1.** Hay diferencias significativas en las medias de la carga máxima de tracción entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**Figura 23**

*Diagrama de cajas Simple de Carga máxima*



### *MC*

- Mediana (Q2): 5812,40 kg. Esto significa que la mitad de las muestras patrón soportaron una carga máxima menor o igual a 5812,40 kg, y la otra mitad soportó una carga mayor.
- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es relativamente estrecha, lo que muestra una variabilidad baja en los datos. Es decir, los valores de carga máxima de este grupo están bastante concentrados alrededor de la mediana.

### *MC+2% Fs+25% CG y CM*

- Mediana (Q2): 3907,57 kg. La mediana es significativamente menor que la de la muestra patrón, lo que indica una menor resistencia a la carga en promedio.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es aún más estrecha que la de la muestra patrón, lo que muestra una variabilidad aún menor en los datos. Los valores de carga máxima de este grupo están muy concentrados alrededor de la mediana.

### *MC+2% Fs+55% CG y CM*

- Mediana (Q2): 18729,20 kg. La mediana es la más alta de las tres, lo que indica la mayor resistencia a la carga de este grupo.
- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es la más amplia de las tres, lo que muestra una mayor variabilidad en los datos. Los valores de carga máxima de este grupo presentan una mayor dispersión.

El diagrama de cajas de la muestra muestra una clara tendencia al alza en la carga máxima a medida que se incrementa la proporción de caucho con fibras en la mezcla, lo que representa un aumento drástico en comparación con las otras dos muestras.

**Tabla 22**

*Anova para la carga máxima*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
<b>Entre grupos</b>	353447099,66	2	176723549,83	161,655	0,000
<b>Dentro de grupos</b>	6559283,79	6	1093213,97		
<b>Total</b>	360006383,45	8			

El ANOVA revela que hay diferencias significativas ( $p=0,000$ ) en la carga máxima de tracción entre el concreto patrón, el concreto MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% Fs + 55% CG y CM, con un valor F de 161,655. Esto confirma que la adición de fibra y caucho en diferentes proporciones afecta significativamente la resistencia a la tracción del concreto, rechazando la hipótesis nula ( $H_0$ ) y demostrando un efecto significativo en la carga máxima de tracción entre los tres grupos.

**Tabla 23**

*Carga máxima, Tukey*

Elemento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
MC + 2% Fs + 25% CG y CM	3	3727,8967	
MC	3	5728,7867	
MC + 2% Fs + 55% CG y CM	3		17908,6633
Sig.		0,125	1,000

La Tabla presenta los resultados de la prueba de Tukey para comparar la carga máxima (kg) de tres tipos de muestras, con un nivel de significancia de 0.05. Las muestras se agrupan en dos subconjuntos homogéneos. En el primer subconjunto, MC + 2% Fs + 25% CG y CM tiene una carga máxima media de 3727.90 kg, mientras que la MC alcanza una media de 5728.79 kg. Aunque la muestra patrón tiene un valor mayor, la diferencia no es estadísticamente significativa (significancia de 0.125), lo que indica que ambos tratamientos presentan comportamientos similares en términos de carga máxima. En el segundo subconjunto, MC + 2% Fs + 55% CG y

CM muestra una carga máxima mucho más alta, de 17908.66 kg, colocándose significativamente por encima de las otras muestras (significancia de 1.000).

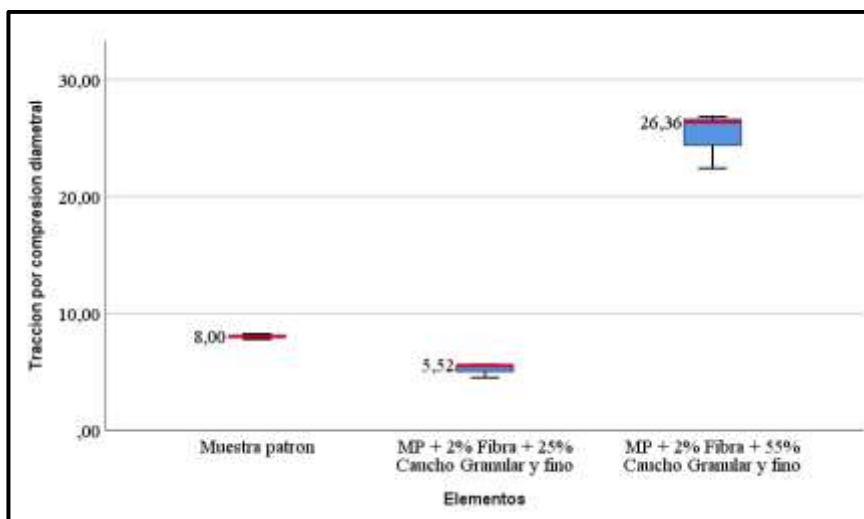
### Hipótesis Estadística

**H0.** No hay diferencias significativas en las medias de la tracción por compresión diametral entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**H1.** Hay diferencias significativas en las medias de la tracción por compresión diametral entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**Figura 24**

*Diagrama de cajas Simple de Tracción por compresión diametral por Elementos*



**MC**

- Mediana (Q2): 8,00 kg/cm<sup>2</sup>. Esto significa que la mitad de las muestras patrón tienen una tracción por compresión diametral menor o igual a 8,00 kg/cm<sup>2</sup>, y la otra mitad tiene una tracción mayor.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es relativamente estrecha, lo que muestra una variabilidad baja en los datos. Es decir, los valores de tracción por compresión diametral de este grupo están bastante concentrados alrededor de la mediana.

#### ***MC+2% Fs+25% CG y CM***

- Mediana (Q2): 5,52 kg/cm<sup>2</sup>. La mediana es significativamente menor que la de la muestra patrón, lo que indica una menor resistencia a la tracción por compresión diametral en promedio.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es aún más estrecha que la de la muestra patrón, lo que muestra una variabilidad aún menor en los datos. Los valores de tracción por compresión diametral de este grupo están muy concentrados alrededor de la mediana.

#### ***MC+2% Fs+55% CG y CM***

- Mediana (Q2): 26,36 kg/cm<sup>2</sup>. La mediana es la más alta de las tres, lo que indica la mayor resistencia a la tracción por compresión diametral de este grupo.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es la más amplia de las tres, lo que muestra una mayor variabilidad en los datos. Los valores de tracción por compresión diametral de este grupo presentan una mayor dispersión.

Los resultados obtenidos muestran un comportamiento inesperado en la resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto al incorporar fibras y caucho, se observa un aumento considerable en la resistencia 26.36 kg/cm<sup>2</sup>, superando incluso a la muestra patrón de 8.00 kg/cm<sup>2</sup>

**Tabla 24***Anova, para la tracción por compresión diametral*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	701,737	2	350,869	168,006	0,000
Dentro de grupos	12,531	6	2,088		
Total	714,268	8			

El ANOVA revela que hay diferencias significativas ( $p=0,000$ ) en la tracción por compresión diametral entre el concreto patrón, el concreto con MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% Fs + 55% CG y CM, con un valor F de 168,006. Esto confirma que la adición de fibra y caucho en diferentes proporciones afecta significativamente la resistencia a la tracción por compresión diametral del concreto, rechazando la hipótesis nula ( $H_0$ ) y demostrando un efecto significativo entre los tres grupos.

**Tabla 25***Tracción por compresión diametral, Tukey*

<b>Elemento</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>
MC + 2% Fs + 25% CG y CM	3	5,2167	
MC	3	8,0067	
MC + 2% Fs + 55% CG y CM	3		25,1867
Sig.		,121	1,000

La Tabla muestra los resultados del análisis de Tukey para comparar la resistencia a la tracción por compresión diametral entre tres tipos de muestras, con un nivel de significancia de 0.05. Los resultados se agrupan en dos subconjuntos homogéneos. En el primer subconjunto se

encuentran MC + 2% FS + 25% CG y CM y la MC, con resistencias medias de 5.22 y 8.01 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellas (significancia de 0.121). Esto indica que estas dos configuraciones tienen comportamientos similares en términos de resistencia a la tracción. El segundo subconjunto incluye únicamente MC + 2% Fs + 55% CG y CM, que muestra una resistencia media de 25.19 kg/cm<sup>2</sup>, significativamente más alta que las demás (significancia de 1.000)

### **Módulo de Elasticidad**

La hipótesis planteada establece que el módulo de elasticidad del concreto, al combinar FS, CG y CM de neumáticos desechados, se incrementa en el módulo de elasticidad. Los resultados de las pruebas multivariantes proporcionan información clave sobre el impacto de estas variables en las propiedades mecánicas del concreto.

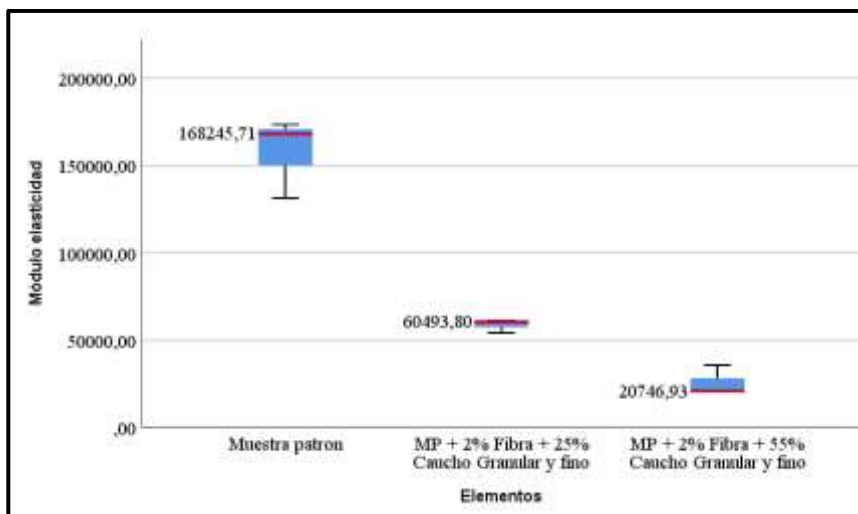
### ***Hipótesis Estadística***

**H<sub>0</sub>.** No hay diferencias significativas en las medias del módulo de elasticidad entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**H<sub>1</sub>.** Hay diferencias significativas en las medias del módulo de elasticidad entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**Figura 25**

*Diagrama de cajas Simple de Módulo elasticidad por Elemento*



### **MC**

- Mediana (Q2): 168245,71 kg/cm<sup>2</sup>. Esto significa que la mitad de las muestras patrón tienen un módulo de elasticidad menor o igual a 168245,71 kg/cm<sup>2</sup>, y la otra mitad tiene un módulo de elasticidad mayor.
- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es relativamente amplia, lo que muestra una variabilidad considerable en los datos. Es decir, hay una diferencia significativa entre el valor del primer cuartil (25% de los datos) y el tercer cuartil (75% de los datos).

### **MC+2% Fs+25% CG y CM**

- Mediana (Q2): 60493,80 kg/cm<sup>2</sup>. La mediana es significativamente menor que la de la muestra patrón, lo que indica una menor elasticidad en promedio.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es mucho más estrecha que la de la muestra patrón, lo que muestra una menor variabilidad en los datos. Los valores del módulo de elasticidad de este grupo están más concentrados alrededor de la mediana.

### ***MC+2% Fs+55% CG y CM***

- Mediana (Q2): 20746,93 kg/cm<sup>2</sup>. La mediana es la más baja de las tres, lo que indica la menor elasticidad de este grupo.
- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es la más estrecha de las tres, lo que muestra una variabilidad aún menor en los datos. Los valores del módulo de elasticidad de este grupo están muy concentrados alrededor de la mediana.

La Figura muestra una disminución significativa en el módulo de elasticidad al añadir fibras y caucho a la muestra patrón. Estos resultados cuantifican el efecto del caucho reduce la rigidez del material.

**Tabla 26**

*Anova para el módulo elasticidad*

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	28324641994,57	2	14162320997,29	68,925	0,000
Dentro de grupos	1232845037,52	6	205474172,92		
Total	29557487032,9	8			

El ANOVA revela que hay diferencias significativas ( $p=0,000$ ) en el módulo de elasticidad entre el MC, el concreto con MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% Fs + 55% CG y CM, con un valor F de 68,925. Esto confirma que la adición de fibra y caucho en diferentes proporciones afecta significativamente el módulo de elasticidad del concreto, rechazando la hipótesis nula ( $H_0$ ) y demostrando un efecto significativo entre los tres grupos

**Tabla 27**

*Módulo elasticidad, Tukey*

Elemento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
MC + 2% Fs + 55% CG y CM	3	25604,8300	
MC + 2% Fs + 25% CG y CM	3	58615,7067	
MC	3		157630,9700
Sig.		,068	1,000

La Tabla presenta los resultados de la prueba de Tukey para comparar el módulo de elasticidad entre tres tipos de muestras, utilizando un nivel de significancia de 0.05. Los valores se agrupan en dos subconjuntos homogéneos. En el primer subconjunto, MC + 2% Fs + 55% CG y CM tiene un módulo de elasticidad medio de 25,604.83 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que MC + 2% Fs + 25% CG y CM tiene una media de 58,615.71 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque las diferencias entre estas dos muestras son notables, no son estadísticamente significativas (significancia de 0.068), lo que muestra que, a pesar de la variabilidad en los valores, ambas combinaciones presentan un comportamiento similar en cuanto a su módulo de elasticidad. Por otro lado, la MC, con un módulo de elasticidad

mucho más alto de 157,630.97 kg/cm<sup>2</sup>, forma un subconjunto independiente, indicando una diferencia estadísticamente significativa (significancia de 1.000)

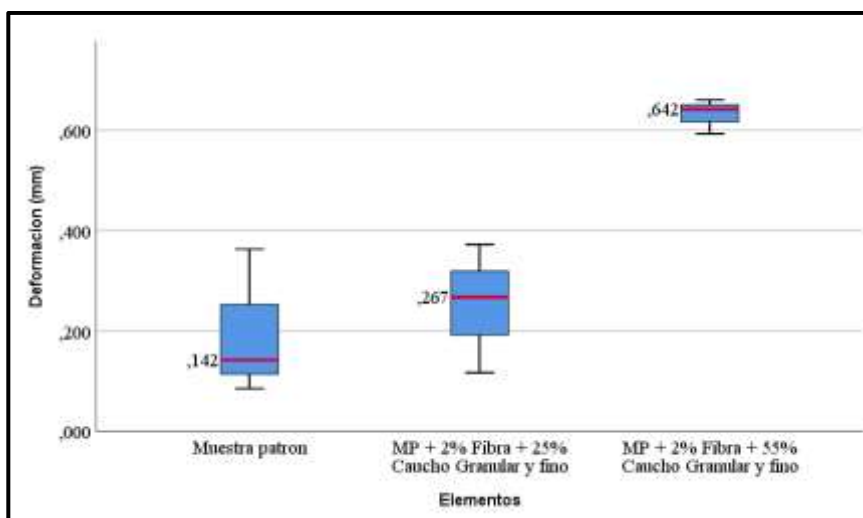
### *Hipótesis Estadística*

**H<sub>0</sub>.** No hay diferencias significativas en las medias de la deformación (mm) entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**H<sub>1</sub>.** Hay diferencias significativas en las medias de la deformación (mm) entre la MC, la MC + 2% Fs + 25% CG y CM, y el concreto con MC + 2% FS + 55% CG y CM.

**Figura 26**

*Diagrama de cajas Simple de Deformación (mm) por Elementos*



### *MC*

- Mediana (Q2): 0.142 mm. Esto significa que la mitad de las muestras patrón tienen una deformación menor o igual a 0.142 mm, y la otra mitad tiene una deformación mayor.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es relativamente estrecha, lo que muestra una variabilidad baja en los datos. Es decir, los valores de deformación de este grupo están bastante concentrados alrededor de la mediana.

***MC+2% Fs+25% CG y CM***

- Mediana (Q2): 0.267 mm. La mediana es significativamente mayor que la de la muestra patrón, lo que indica una mayor deformación promedio en este grupo.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es más amplia que la de la muestra patrón, lo que muestra una variabilidad un poco mayor en los datos.

***MC+2% Fs+55% CG y CM***

- Mediana (Q2): 0.642 mm. La mediana es la más alta de las tres, lo que indica la mayor deformación promedio de este grupo.

- Rango Intercuartílico (IQR): La caja es la más amplia de las tres, lo que muestra la mayor variabilidad en los datos. Los valores de deformación de este grupo presentan una mayor dispersión.

La Figura muestra que la adición de fibras y caucho aumenta significativamente la deformación del material. Estos resultados cuantifican el aumento en la deformación del material al incorporar el caucho más fibras y muestran cómo la proporción de caucho influye directamente en la deformación.

**Tabla 28**

Anova para la deformación (mm)

	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Entre grupos	0,337	2	0,168	12,888	0,007
Dentro de grupos	0,078	6	0,013		
Total	0,415	8			

El ANOVA revela que hay diferencias significativas ( $p=0,007$ ) en la deformación entre el MC, MC + 2% Fs y 25% CG y CM, y la MC + 2% Fs y 55% CG y CM, con un valor F de 12,888. Esto indica que la adición de fibra y caucho en diferentes proporciones afecta significativamente la deformación del concreto, presentando diferencias significativas entre los tres grupos, lo que rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ).

**Tabla 29***Deformación, Tukey*

<b>Elemento</b>	<b>N</b>	<b>Subconjunto para alfa = 0.05</b>	
		<b>1</b>	<b>2</b>
MC	3	0,19667	
MC + 2% Fs + 25% CG y CM	3	,25200	
MC + 2% Fs + 55% CG y CM	3		0,63200
Sig.		0,829	1,000

La Tabla presenta los resultados del análisis de Tukey para comparar la deformación entre tres tipos de muestras, utilizando un nivel de significancia de 0.05. Los valores se agrupan en dos subconjuntos homogéneos. En el primer subconjunto, la MC muestra una deformación media de

0.19667 mm, mientras que MC + 2% Fs + 25% CG y CM tiene una deformación media de 0.252 mm. Aunque la MC tiene una deformación ligeramente menor, las diferencias entre estas dos muestras no son estadísticamente significativas (significancia de 0.829), lo que muestra que ambas presentan un comportamiento similar en términos de deformación. Por otro lado, MC + 2% Fs + 55% CG y CM tiene una deformación significativamente mayor de 0.632 mm, lo que lo coloca en un subconjunto independiente con una diferencia estadística significativa (significancia de 1.000).

### **Conclusiones**

1. El aumento en la proporción de sustitución por CG y CM, combinado con FS, tiene un efecto considerable en la disminución de algunas propiedades del concreto, particularmente cuando es sometido a esfuerzos de compresión y flexión. Sin embargo, esta combinación mejora la resistencia del concreto cuando es sometido a tracción por división, el efecto en la sustitución de CG, CM y FS en pavimentos rígidos presenta un enfoque sostenible y técnicamente viable para mejorar ciertas propiedades del concreto, especialmente la resistencia al agrietamiento y deformación, siempre que el diseño de la mezcla se ajuste adecuadamente a las exigencias estructurales.

2. El aumento en la proporción de sustitución por CG, CM y FS provoca una reducción significativamente en la resistencia a la compresión y el módulo de elasticidad del concreto, debido principalmente a la baja densidad y adherencia del caucho en comparación con los agregados. Según los resultados de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), las mezclas con 25% y 55% de sustitución presentan resistencias medias de 42.28 y 26.8 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente, frente a los 218.59 kg/cm<sup>2</sup> de la mezcla control (MC), Aunque las diferencias entre mezclas con 25% y 55% de sustitución

no son estadísticamente significativas entre sí, ambas presentan propiedades mecánicas considerablemente inferiores a la mezcla control.

3. La incorporación del 2% de FS con la combinación con CG y CM incrementa la deflexión del concreto a los 28 días, lo que mejora su capacidad para resistir cargas antes de agrietarse. Sin embargo, según los resultados del análisis de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), las mezclas con CG y CM muestran una disminución en el módulo de rotura en comparación con la MC, que presenta la mayor resistencia ( $23.97 \text{ kg/cm}^2$ ). Aunque las deflexiones son mayores en las mezclas con FS ( $0.146 \text{ cm}$ ), estas no presentan diferencias significativas entre sí, pero sí en relación con la MC, reflejando una compensación entre ductilidad y resistencia.

4. El reemplazo del 55% por CG y CM combinado con un 2% de FS mejora significativamente la resistencia a la tracción por división a los 28 días. Según el análisis de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), esta mezcla alcanzó una resistencia media de  $25.19 \text{ kg/cm}^2$ , superando ampliamente a la mezcla control (MC) y a la mezcla con 25% de reemplazo, cuyas resistencias fueron de  $8.01$  y  $5.22 \text{ kg/cm}^2$ , respectivamente, sin diferencias significativas entre ellas. Este resultado indica que el uso combinado de FS con altos niveles de CG y CM es eficaz para mejorar el desempeño del concreto frente a esfuerzos de tracción, al reducir la propagación de grietas.

5. El aumento en la proporción de CG y CM combinado con FS incrementa el contenido de aire en el concreto, de 3% en la MC a 4.6% en la mezcla con 55% de reemplazo, lo que contribuye a una menor densidad y, por tanto, a un concreto más ligero. Sin embargo, este mismo aumento en el contenido de reemplazo reduce significativamente la trabajabilidad del concreto, con una disminución del asentamiento de 4" en la MC a solo 2" en la mezcla con 55% de reemplazo. Este comportamiento refleja una menor fluidez de la mezcla, lo que puede dificultar su colocación.

6. Brechas de investigación y estudios futuros: Aún quedan preguntas abiertas sobre la durabilidad a largo plazo del concreto modificado con caucho y fibras metálicas, especialmente cuando se expone a condiciones ambientales extremas, como ciclos de congelación-descongelación, cambios de temperatura y humedad. Estos factores deben ser investigados en mayor profundidad para garantizar la viabilidad de estas mezclas en aplicaciones reales y de larga duración. Exploración de otras proporciones de reemplazo, los resultados actuales demuestran que se pueden obtener mejoras significativas en la tracción con las proporciones utilizadas, pero se sugiere realizar más estudios que evalúen una gama más amplia de porcentajes de caucho y fibras, lo que permitirá optimizar las propiedades mecánicas del concreto en función de las necesidades específicas de cada proyecto.

## Referencias

- Alsaif, A., Garcia, R., Figueiredo, F. P., Neocleous, K., Christofe, A., Guadagnini, M., & Pilakoutas, K. (2019). Fatigue performance of flexible steel fibre reinforced rubberised concrete pavements. *Engineering Structures*, *193*, 170–183. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2019.05.040>
- Chen, M., Si, H., Fan, X., Xuan, Y., & Zhang, M. (2022). Dynamic compressive behaviour of recycled tyre steel fibre reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, *316*. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125896>
- Eren, N. A., Alzebaree, R., Çevik, A., Niş, A., Mohammedameen, A., & Gülşan, M. E. (2021). The effects of recycled tire rubbers and steel fibers on the performance of self-compacting alkali activated concrete. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, *65*(3), 890–900. <https://doi.org/10.3311/PPci.17601>
- Fernandez-Torrez, L. A., Aquino-Rocha, J. H., & Cayo-Chileno, N. G. (2022). Análisis de las propiedades físicas y mecánicas del residuo de caucho de neumático como reemplazo parcial del agregado fino en el hormigón. *Revista Hábitat Sustentable*, *12*(2). <https://doi.org/10.22320/07190700.2022.12.02.04>
- Gao, Y., Wang, B., Liu, C., Hui, D., Xu, Q., Zhao, Q., Qin, Y., & Dong, W. (2022). Experimental investigation on static compressive toughness of steel fiber rubber concrete. *Reviews on Advanced Materials Science*, *61*(1), 576–586. <https://doi.org/10.1515/rams-2022-0260>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*.
- Karimi Pour, A., Mohajeri, Z., & Noroozinejad Farsangi, E. (2022). Impact of Polypropylene Fibers on the Mechanical and Durability Characteristics of Rubber Tire Fine Aggregate Concrete. *Materials*, *15*(22). <https://doi.org/10.3390/ma15228043>
- Khan, I. U., Gul, A., Khan, K., Akbar, S., & Irfanullah. (2022). Mechanical Properties of Steel-Fiber-Reinforced Concrete †. *Engineering Proceedings*, *22*(1). <https://doi.org/10.3390/engproc2022022006>
- Kumar, M. H., Mahanta, N. R., Samantaray, S., & Kumar, N. M. (2021). Combined effect of waste glass powder and recycled steel fibers on mechanical behavior of concrete. *SN Applied Sciences*, *3*(3). <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04353-6>
- Pawelska-Mazur, M., & Kaszynska, M. (2021). Mechanical performance and environmental assessment of sustainable concrete reinforced with recycled end-of-life tyre fibres. *Materials*, *14*(2), 1–20. <https://doi.org/10.3390/ma14020256>
- Polydorou, T., Kyriakides, N., Lampropoulos, A., Neocleous, K., Votsis, R., Tsioulou, O., Pilakoutas, K., & Hadjimitsis, D. G. (2022). Concrete with a High Content of End-of-Life Tire Materials for Flexural Strengthening of Reinforced Concrete Structures. *Materials*, *15*(17). <https://doi.org/10.3390/ma15176150>

Tate, S. M., Hamid, H. F., Durham, S. A., & Chorzepa, M. G. (2020). Investigation into recycled rubber aggregates and steel wire fiber for use in concrete subjected to impact loading. *Infrastructures*, 5(10), 1–25. <https://doi.org/10.3390/infrastructures5100082>

Velarde, R., Artemio, J., Lazarte, G., Enrique, C., Rodriguez, D., & Luis, J. (2018). *Plan de negocio para la implementación de una planta de reciclaje de llantas usadas mediante el proceso de Pirolisis*. <http://hdl.handle.net/10757/624919>;

## Anexos



**“AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA”**

**RESOLUCIÓN N° 0054-2025/UPeU-FIA-CF-T**

Lima, Ñaña, 18 de febrero de 2025

**VISTO:**

El expediente del (de la) bachiller **Rhoy Anmark Nuñez Colque** identificado(a) con código universitario N° **201710587**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

**CONSIDERANDO:**

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la sustentación de la tesis en formato artículo;

Que el Comité Dictaminador ha emitido su dictamen aprobando el informe de tesis titulado “Efecto de la incorporación de fibras metálicas con gomas provenientes de Neumáticos desechados en las propiedades mecánicas del pavimento rígido  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ”, presentado por el (la) bachiller **Rhoy Anmark Nuñez Colque**, reuniendo de esta manera las condiciones previas para la declaratoria de expedito para la programación de la sustentación;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 18 de febrero de 2025, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de investigación de la Universidad;

**SE RESUELVE:**

1. Declarar expedito al (a la) bachiller **Rhoy Anmark Nuñez Colque**, para que sustente la tesis en formato artículo titulada “Efecto de la incorporación de fibras metálicas con gomas provenientes de Neumáticos desechados en las propiedades mecánicas del pavimento rígido  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ ”, conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, el 10 de marzo a las 09:00 horas, en la modalidad presencial, en el Salón de Actos Wellesley Muir.
2. Designar el Jurado de Sustentación, encargado de gestionar la sustentación respectiva, el mismo que queda constituido por los siguientes miembros:

Presidente: Mtro. Leonel Chalmers Paucar  
 Secretario: MSc. Ecler Mamani Chambi  
 Asesor: Mg. Gerardo William Pari Quispe  
 Vocal: Mg. Edwin Parillo Escarsena

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dra. Erika Inés Acuña Salinas  
 DECANA



Ph.D. Silvia Pilco Quesada  
 SECRETARIA ACADÉMICA

cc:  
 -Ente emisor  
 -Jurado (04)  
 -Secretaría General  
 -Archivo

The screenshot shows the Outlook web interface. The top bar includes the UPeU logo, the word 'Outlook', and a search bar. The left sidebar contains navigation options like 'Inicio', 'Vista', 'Ayuda', and a list of folders including 'Bandeja de entrada' (171 items), 'Borradores', 'Elementos enviados', 'Elementos eliminados', 'Correo no deseado', 'Archivo', 'Notas', 'Historial de conversaciones', 'Carpetas de búsqueda', and 'Ir a Grupos'.

The main content area is divided into three sections:

- Left Panel (List of Emails):** Shows a list of emails. The selected email is from Omar Zegarra Mamanillo (Assistant Editor) with the subject '[ric] Submission Acknowledgment' and the body text 'Rhoj Nuñez: Thank you for submitting your manuscript to the journal Ingeniería de Construcción. We have received your submission and it is currently under review. We will contact you again once a decision has been made. Thank you for your contribution to the journal.' It also shows a 'Cake' notification for 'New Year Super Deal'.
- Header of Selected Email:** Shows the sender 'Omar Zegarra Mamanillo (Assistant Editor <ric.ing@ucp.edu>)', the recipient 'Rhoj Nuñez', and the date 'Sat 18/01/2025 21:36'. It also indicates the email is 'Traducido de Inglés' (Translated from English).
- Body of Selected Email:**
  - Text: 'Rhoj Nuñez: Gracias por enviar el manuscrito "Efecto de la incorporación de fibras metálicas con caucho de neumáticos desechados sobre las propiedades mecánicas del pavimento rígido ( $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$ ) a la Revista Ingeniería de Construcción. Con el sistema de gestión de revistas en línea que estamos utilizando, podrá seguir su progreso a través del proceso editorial iniciando sesión en el sitio web de la revista:'
  - URL: 'URL de envío: <https://ojs.ucp.edu/ric/authorDashboard/submission/88884>'
  - Logo and Name: 'Revista Ingeniería de Construcción' with the tagline 'Publicación que fomenta la generación de conocimiento en torno a la Ingeniería y gestión de la construcción' and the website 'ojs.ucp.edu'.
  - User Name: 'Nombre de usuario: anmark20'
  - Footer: 'Si tiene alguna pregunta, póngase en contacto conmigo. Gracias por considerar esta revista como un lugar para su publicación.'



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE COMPRESION**  
NTP 338.034 - 2010

**CODIGO DE INFORME**  
GCT - EC - 2487  
Página 1 de 1

**PROYECTO :** EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS CON GOMAS PROVENIENTES DE NEUMÁTICOS DESECHADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO F'c=210 KG/CM<sup>2</sup>

**UBICACIÓN :** PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**SOLICITA :** BR. RHOY ANMARK NUÑEZ COLQUE

**F. INGRESO :** 2023-08-12

**F. EMISIÓN :** 2023-08-25

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

N°	PROBETA		FECHA		EDAD (Días)	DIAM: (φ) (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kgf)	CARGA MÁXIMA (MN)	RESULTADOS		TIPO DE FRACTURA
	ELEMENTO	CODIGO	VIGIADO	ROTURA							RESISTENCIA ROTURA (F'c) (kgf/cm <sup>2</sup> )	%	
1	MUESTRA PATRÓN	MP	2023-08-12	2023-08-25	14	15.07	178.37	210	30960.77	302.46	287.21	98.67%	tipo V
2	MUESTRA PATRÓN	MP	2023-08-12	2023-08-25	14	15.01	178.95	210	37006.70	362.95	266.16	99.69%	tipo V
3	MUESTRA PATRÓN	MP	2023-08-12	2023-08-25	14	14.96	175.77	210	34280.65	336.16	196.03	92.87%	tipo V
6	MUESTRA PATRÓN	MP	2023-08-12	2023-09-09	28	15.03	177.42	210	39418.32	386.57	222.18	105.80%	tipo V
7	MUESTRA PATRÓN	MP	2023-08-12	2023-09-09	28	14.88	173.9	210	40588.67	390.02	233.88	111.42%	tipo V
8	MUESTRA PATRÓN	MP	2023-08-12	2023-09-09	28	14.82	174.82	210	42553.67	416.29	243.97	116.18%	tipo V

DEFECTOS DE LOS ESPECÍMENES		SI	NO	TAMAÑO DE PROBETAS :	15x30 cm	TIPOS DE FRACTURA					
1	La muestra fue puesta en el ensayo, a la vez por el solicitante.										
2	La descripción de las fallas fue proporcionada por el solicitante.										
3	El diámetro se midió promedio en base a dos lecturas.										
4	La escala de fuerza utilizada fue de 5kg SIE-2000 Digital Display, Serial No. 163952.										
5	---										
6	---										

**GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.**  
  
 Ing. Raúl Miranda Sandoval  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está estrictamente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1726 - Juliaca (Ref. ex. punto salida cuscol)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correo: informas@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

029856



## LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

### INFORME DE ENSAYO ENSAYO DE COMPRESION NTP 339.034 - 2013

CODIGO DE INFORME  
GCT - EC - 2456  
Página 1 de 1

**PROYECTO :** EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS CON GOMAS PROVENIENTES DE NEUMÁTICOS DESECHADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO F'c=210 KG/CM<sup>2</sup>

**UBICACIÓN :** PUÑO - SAN ROMAN - JULIACA

**SOLICITA :** BR. RHOY ANMARK NUÑEZ COLOQUE

**F. INGRESO :** 2023-08-14

**F. EMISIÓN :** 2023-08-28

**ENSAYADO EN:** LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

N°	PROBETA		FECHA		EDAD (Días)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA MAXIMA (kgf)	CARGA MAXIMA (kN)	RESULTADOS		
	ELEMENTO	CODIGO	VACIADO	ROTURA							RESISTENCIA ROTURA (F'c)	%	TIPO DE FRACTURA
1	Muestra patrón + 2% Fibra + 25% Caucho Granular y fiba	-	2023-08-14	2023-08-28	14	15.01	176.95	210	5847.42	67.15	38.70	18.43%	tipo II
2	Muestra patrón + 2% Fibra + 25% Caucho Granular y fiba	-	2023-08-14	2023-08-28	14	15.13	179.79	210	5333.54	52.30	29.66	14.13%	tipo II
3	Muestra patrón + 2% Fibra + 25% Caucho Granular y fiba	-	2023-08-14	2023-09-11	28	15.04	177.66	210	8306.18	82.24	47.20	22.48%	tipo V
6	Muestra patrón + 2% Fibra + 25% Caucho Granular y fiba	-	2023-08-14	2023-09-11	28	14.99	176.48	210	8107.79	79.51	45.94	21.88%	tipo V
7	Muestra patrón + 2% Fibra + 25% Caucho Granular y fiba	-	2023-08-14	2023-09-11	28	15.15	180.27	210	8998.01	88.24	49.91	23.77%	tipo V

#### OBSERVACIONES

DEFECTOS DE LOS ESPECIMENES:	NO	TAMANO DE PROBETAS:	15x30 cm.	TIPOS DE FRACTURA
1. La muestra fue puesta en el laboratorio por el solicitante.				
2. La descripción de las fracturas fue proporcionada por el solicitante.				
3. El diámetro se midió promedio en base a dos lecturas.				
4. La marca de presión utilizado fue de Py5-875-2000 Digital Display, Serial No. 100852.				
5. —				
6. —				

GEOCONTROL TOTAL S.R.L.  
  
 Ing. Raúl Miranda Chustanillo  
 CIP: 131400

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no es responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERIA - CONSTRUCCION - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISION - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovulo salida cusco)  
 Telefonos: 051-326588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correo: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

029855



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE COMPRESION**  
NTP 338.034 2010

CODIGO DE INFORME  
**GCT - EC - 2485**  
Página 1 de 1

**PROYECTO :** EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE FIBRAS METÁLICAS CON GOMAS PROVENIENTES DE NEUMÁTICOS DESECHADOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL PAVIMENTO RÍGIDO F'c=210 KG/CM<sup>2</sup>

**UBICACIÓN :** PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**SOLICITA :** BR. RHOY ANMARK NUÑEZ COLQUE

**F. INGRESO :** 2023-08-15

**F. EMISIÓN :** 2023-08-29

**ENSAYADO EN:** LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL S.R.L.

N°	PRUEBA		FECHA		EDAD (Días)	DIAMETRO (cm)	AREA (cm <sup>2</sup> )	F'c (kg/cm <sup>2</sup> )	CARGA MÁXIMA (kg)	CARGA MÁXIMA (kN)	RESULTADOS		TIPO DE FRACTURA
	ELEMENTO	CODIGO	VACIADO	ROTURA							RESISTENCIA ROTURA (F'c)	%	
1	Muestra patrón + 2% Fibra + 50% Caucho Granular y feno	-	2023-08-15	2023-08-29	14	18.00	176.71	210	3811.71	37.58	21.67	10.27%	tipo II
2	Muestra patrón + 2% Fibra + 50% Caucho Granular y feno	-	2023-08-15	2023-08-29	14	18.07	176.37	210	3811.71	37.58	21.37	10.18%	tipo II
3	Muestra patrón + 2% Fibra + 50% Caucho Granular y feno	-	2023-08-15	2023-09-12	28	18.13	179.79	210	6731.85	56.21	31.68	15.18%	tipo V
6	Muestra patrón + 2% Fibra + 50% Caucho Granular y feno	-	2023-08-15	2023-09-12	28	14.98	176.24	210	5089.42	49.91	28.88	13.75%	tipo V
7	Muestra patrón + 2% Fibra + 50% Caucho Granular y feno	-	2023-08-15	2023-09-12	28	15.03	177.42	210	5375.96	52.72	30.30	14.43%	tipo V

DEFECTOS DE LOS ESPECÍMENES		NO	TAMAYO DE PROBLEMAS	OBSERVACIONES	TIPOS DE FRACTURA
1	La muestra fue puesta en el laboratorio por el solicitante.		15x30 cm.		
2	La descripción de las irregularidades fue proporcionado por el solicitante.				
3	El diámetro es medido promedio en base a dos lecturas.				
4	La marca de presión utilizado fue de PYS SITE 2000 Digital Display, Serial No. 190602.				
5	---				
6	---				

**GEOCONTROL TOTAL S.R.L.**  
  
 Ing. Basilio Miranda Quispehuillo  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL S.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**  
 Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex óvalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-3285568 / 951 010447 / 951 871568  
 Correos: informes@geoccontroltotal.com / geoccontroltotal@gmail.com  
 www.geoccontroltotal.com

029854