

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y  
CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**Influencia de fibras de polímeros reciclados en las  
propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en  
pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022**

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

PRESENTADO POR:

**Bach. Stiven Alvaro MOLINA NAVARRO**

ASESOR:

**Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

## RESUMEN

Las investigaciones realizadas en los pavimentos rígidos han demostrado que existe deterioro por múltiples factores como el mal diseño de mezcla, deficiencia en la resistencia a compresión, flexión y compresión, es por eso que este trabajo de investigación está dirigido a mejorar las propiedades plástica y mecánicas del concreto empleando fibras de polímeros (HDPE, LDPE y PP) reciclado de diferentes dosificaciones de 0.5%, 1%, 1.5% ; como objetivo general fue determinar la influencia de fibras de polímeros reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido; como objetivo específico fue determinar el comportamiento del concreto a compresión ,flexión y tracción, con diferentes dosificaciones de fibras de polímeros reciclados de HDPE, LDPE y PP, además contrastar el costo del pavimento rígido pesado con fibras de polímeros y sin fibras.

El presente trabajo de investigación presenta un diseño de tipo experimental, donde se realizaron ensayos físicos y mecánicos, en los ensayos físicos se pudo evaluar la trabajabilidad, temperatura y exudado del concreto. Para el ensayo mecánico a compresión se realizaron 90 probetas de concreto de los cuales 9 probetas no tenía fibra, 81 probetas estaban reforzadas con fibras de polímero (HDPE, LDPE, PP) con dosificación de 0.5%, 1% y 1.5%. Mientras que para el ensayo a flexión se empleó 12 vigas prismáticas, finalmente 12 probetas cilíndrica para el ensayo a tracción.

En los ensayos plásticos respecto a la trabajabilidad se pudo apreciar que existe una ligera disminución del slump a medida que la proporción de fibras de polímeros (HDPE, LDPE, PP) aumenta, esta variación se evidencio más en las fibras de polipropileno (PP) al 1.5% donde la diferencia con el slump de patrón (sin fibra) fue de 1.2plg. Con relación a la temperatura y el exudado también existe una ligera disminución de 0.9°C y 7.1ml a dosificación de 1.5% de HDPE y PP respectivamente, respecto a la muestra patrón (sin fibra).

Al realizar el ensayo a compresión se pudo determinar que la dosificación óptima fue de 1% para los tres polímeros, donde se observa un ligero incremento en la resistencia del concreto. De las tres fibras empleadas en el concreto, el polipropileno tuvo mayor resistencia respecto a la muestra patrón (sin fibra) llegando a 0.8MPa, 0.75MPa y 0.76MPa a los 14,21 y 28 días respectivamente.

En el ensayo a resistencia a flexión a dosificación óptima transcurrido los 28 días de curado se pudo apreciar un incremento de 0.8MPa, 0.10MPa y 1.20MPa para HDPE, LDPE y PP respectivamente, respecto al patrón (sin fibra). En el ensayo a resistencia a tracción a dosificación óptima, se aprecia un incremento de HDPE, LDPE y PP de 0.52MPa, 0.40MPa y 0.60MPa respectivamente, respecto al patrón (sin fibra).

Al realizar el análisis de costo unitario de los pavimentos con fibras de HDPE, LDPE y PP, se observó un incremento de 0.217%, 0.163% ,0.235% respecto al costo del pavimento convencional.

**Palabra clave:** Pavimento rígido, fibras de polímeros (HDPE, LDPE y PP), ensayo plástico, mecánica y costo.

## ABSTRACT

Research conducted on rigid pavements has shown that there is deterioration due to multiple factors such as poor mix design, deficiency in compressive, flexural, and tensile strength. This is why this research work is aimed at improving the plastic and mechanical properties of concrete using recycled polymer fibers (HDPE, LDPE, and PP) in different dosages of 0.5%, 1%, and 1.5%. The general objective was to determine the influence of recycled polymer fibers on the plastic and mechanical properties of heavyweight concrete in rigid pavements. The specific objective was to determine the behavior of concrete under compression, flexion, and tension with different dosages of recycled polymer fibers from HDPE, LDPE, and PP, as well as to contrast the cost of heavyweight rigid pavement with polymer fibers and without fibers. The present research work presents an experimental design, where physical and mechanical tests were conducted. In the physical tests, workability, temperature, and bleeding of the concrete were evaluated. For the mechanical compression test, 90 concrete specimens were made, of which 9 specimens had no fibers, and 81 specimens were reinforced with polymer fibers (HDPE, LDPE, PP) with dosages of 0.5%, 1%, and 1.5%. While for the bending test, 12 prismatic beams were used, and finally, 12 cylindrical specimens for the tensile test.

In the plastic tests regarding workability, it was observed that there is a slight decrease in slump as the proportion of polymer fibers (HDPE, LDPE, PP) increases. This variation was more evident in polypropylene (PP) fibers at 1.5%, where the difference with the standard slump (without fiber) was 1.2 inches. Regarding temperature and exudation, there is also a slight decrease of 0.9°C and 7.1ml at a dosage of 1.5% for HDPE and PP respectively, compared to the control sample (without fiber).

When conducting the compression test, it was determined that the optimal dosage was 1% for all three polymers, where a slight increase in concrete strength was observed. Of the three fibers used in the concrete, polypropylene had greater strength compared to the control sample (without fiber), reaching 0.8MPa, 0.75MPa, and 0.76MPa at 14, 21, and 28 days respectively.

In the flexural strength test at optimal dosage after 28 days of curing, an increase of 0.8MPa, 0.10MPa, and 1.20MPa for HDPE, LDPE, and PP respectively was observed compared to the control (without fiber). In the tensile strength test at optimal dosage, an increase of 0.52MPa, 0.40MPa, and 0.60MPa for HDPE, LDPE, and PP respectively, was observed compared to the standard (without fiber).

When analyzing the unit cost of pavements with HDPE, LDPE and PP fibers, an increase of 0.217%, 0.163%, 0.235% was observed compared to the cost of conventional pavement.

**Keyword:** Rigid pavement, polymer fibers (HDPE, LDPE, and PP), plastic, mechanical testing and cost

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad se busca mejorar ciertas características o propiedades del concreto para superar las limitaciones que existe, por este motivo surge el concretos reforzados donde se mezcla dos o más materiales con la finalidad de lograr las propiedades deseadas con respecto a la resistencia a compresión, flexión y tracción. Las limitaciones que frecuentemente se observa en los pavimentos rígidos son las fisuras o agrietamientos debido a la deficiencia en: diseño, resistencia a compresión, resistencia flexión, resistencia a tracción, por este motivo se busca mejorar el desempeño mecánicas del pavimento empleando ciertos aditivos como fibras de polímeros (HDPE, LDPE y PP).

El polietileno de alta densidad (HDPE), es un polímero que se puede emplear como refuerzo en concretos de pavimento rígido, ya que presentan una alta resistencia químico, bajo peso y relativa rigidez, con relación a otros plásticos como el polietileno de baja densidad (LDPE). Las fibras de polietileno de alta densidad (HDPE) influyen en la resistencia, además contribuye de manera positiva para controlar la fisura que se genera por contracción e incrementa la durabilidad frente a cargas dinámicas (Flores et al., 2024).

Las fibras de polipropileno (PP) son las más utilizadas en el concreto de pavimentos, por que confiere una alta resistencia a tracción, facilidad de producción a gran escala, bajo costo. A demás es material ligero y no corrosivo por lo tanto es una alternativa frente a los refuerzos de acero (Song et al., 2005; Ahmed y Abdulqudos, 2024).

Las fibras de polímero (PP) en un pavimento rígido no solo incrementa la resistencia a compresión, además controla la fisura plástica, mejorando la ductilidad y la resistencia al impacto, estas características ayudan a aumentar la vida útil del pavimento (ACI Committee 544, 1996; Ahmed y Abdulqudos, 2024).

En nuestro medio, existen distintos problemas relacionados al deterioro de los pavimentos y por ello se quiere implementar con fibras de polímeros reciclados de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP), para aumentar la resistencia al agrietamiento generadas por la contracción plástica, térmica, asientos plásticos. Utilizar el polímero (HDPE, LDPE y PP) reciclado reduce en gran medida la contaminación ambiental, además es más económico en comparación a otros refuerzos que se utilizan en los concreto.

Objetivo Determinar la influencia de fibras de polímeros reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022.

Objetivos específicos fue:

- Determinar si las fibras de polímero reciclado artificial (HDPE, LDPE Y PP) influyen en el comportamiento plástico (Slump, temperatura y exudado) del concreto pesado.
- si las fibras de polímero reciclado artificial (HDPE, LDPE Y PP) a diferentes dosificaciones influyen en el comportamiento mecánico (compresión, flexión y tracción) de concreto pesado
- Determinar el costo de un pavimento rígido de resistencia  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ , con y sin fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE y PP)

A dios y a mi familia por su  
motivación y apoyo incondicional

## AGRADECIMIENTO

- A muestra *alma Mater* la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil.
- A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por brindarme sus conocimientos durante mi formación profesional.
- Al laboratorio de "V.G. Geotecnia & Ingeniería SAC" por darme las facilidades para realizar los ensayos de la investigación.
- A mi asesor Msg. Hemerson Lizarbe Alarcón por su paciencia, enseñanza y apoyo en la elaboración, ejecución y culminación de mi trabajo de investigación.

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN .....	PAG. I
ABSTRACT .....	PAG. II
INTRODUCCIÓN .....	PAG. III
DEDICATORIA .....	PAG. IV
AGRADECIMIENTO .....	PAG. V
ÍNDICE GENERAL .....	PAG. VI
LISTA DE FIGURAS .....	PAG. VII
LISTA DE TABLAS .....	PAG. VIII
GLOSARIO .....	PAG. IX
ACRÓNIMO .....	PAG. X
SÍMBOLO .....	PAG. XI

1. Planteamiento del problema .....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA .....	2
1.2.1. Espacial .....	2
1.2.2. Temporal .....	3
1.2.3. Temática y unidad de análisis .....	3
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	3
1.3.1. Problema general .....	3
1.3.2. Problemas específicos .....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	3
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.6. OBJETIVOS .....	4
1.6.1. Objetivo general .....	4
1.6.2. Objetivo específico .....	4
2. Marco teórico .....	5
2.1. ANTECEDENTES .....	5
2.1.1. Investigaciones internacionales .....	5
2.1.2. Investigaciones nacionales .....	6
2.2. BASES TEÓRICAS .....	8
2.2.1. Agregados .....	8
2.2.2. Propiedad de los agregados .....	8
2.2.3. Cemento portland .....	11
2.2.4. Polímero .....	12
2.2.5. Tipos de polímeros .....	13
2.2.6. Diseño de mezcla .....	15
2.2.7. Tipos de concreto reforzado .....	16
2.2.8. Concreto .....	16
2.2.9. Propiedades plásticas .....	17
2.2.10. Propiedades mecánicas .....	18
2.2.4. Pavimento .....	22
2.2.5. Tipos de pavimentos .....	22

2.2.6. Daños en estructuras de pavimento rígido.....	24
2.2.7. Diseño de pavimento .....	24
2.2.8. Costo beneficio de los pavimentos .....	25
2.2.9. Modelamiento de pavimento rígido. ....	25
2.3. MARCO CONCEPTUAL .....	26
<b>3. Método de la investigación .....</b>	<b>28</b>
3.1. ENFOQUE.....	28
3.2. ALCANCE.....	28
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	28
3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
3.4.1. Población .....	28
3.4.2. Muestra .....	28
3.5. HIPÓTESIS.....	29
3.5.1. Hipótesis general .....	29
3.5.2. Hipótesis específicas .....	29
3.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES, DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL.....	21
3.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	22
3.7.1. Técnicas de recolección de datos.....	22
3.7.2. Instrumento de recolección de datos.....	22
3.8. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	22
3.9. DESARROLLO DEL TRABAJO DE TESIS.....	23
3.9.1 Materia .....	23
3.9.2 Etapa Experimental .....	27
3.9.3. Ensayos.....	29
<b>4.- RESULTADOS.....</b>	<b>36</b>
4.1. PROPIEDADES PLÁSTICAS DEL CONCRETO.....	37
4.1.1. Análisis de las Propiedades plásticas del concreto .....	40
4.2. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONCRETO.....	41
4.2.1. Resistencia a la compresión.....	41
4.2.2. Resistencia flexión .....	45
4.2.3. Resistencia tracción indirecta .....	47
4.2.4. Modelamiento del pavimento rígido .....	48
4.2.4.1. Modelamiento por Software EverFE 2.24 .....	48
4.4 CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS .....	52
4.4.1. Contrastación de hipótesis de ensayo plástico den concreto fresco.....	52
4.4.2. Contrastación de hipótesis de ensayo a compresión .....	56
4.4.3. Contrastación de hipótesis de ensayo a flexión .....	61
4.4.4. Contrastación de hipótesis de ensayo a tracción.....	65
4.4.5. Contrastación de hipótesis de costo .....	68
<b>5.- CONCLUSION .....</b>	<b>71</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	71
5.2. RECOMENDACIONES .....	72
5.3. TRABAJOS FUTUROS.....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Plano de ubicación de la cantera “La Moderna” .....	2
<b>Figura 2:</b> Planta de producción de agregados “La Moderna” .....	2
<b>Figura 3:</b> Algunos altos polímeros lineales, sus monómeros y sus unidades repetitivas .....	13
<b>Figura 4:</b> Variación de resistencias típicas para relaciones agua-cemento .....	19
<b>Figura 5:</b> Ensayo a flexión de vigas de hormigón armado.....	20
<b>Figura 6:</b> Ensayo y distribución de esfuerzos en ensayo de tracción indirecta .....	22
<b>Figura 7:</b> Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible) .....	23
<b>Figura 8:</b> Estructura típica de un pavimento rígido .....	24
<b>Figura 9:</b> Curva de granulometría de agregado fino .....	23
<b>Figura 10:</b> Curva de granulometría de agregado grueso.....	24
<b>Figura 11:</b> Fibras de polietileno de alta densidad reciclado (HDPE) .....	25
<b>Figura 12:</b> Fibras de polietileno de baja densidad reciclado (LDPE).....	26
<b>Figura 13:</b> Fibras de polipropileno reciclado (PP).....	27
<b>Figura 14:</b> Proceso de mezclado con las fibras de polímeros .....	28
<b>Figura 15:</b> Ensayo de trabajabilidad (Slump).....	29
<b>Figura 16:</b> Medición de la temperatura del concreto con fibras de polímeros.....	30
<b>Figura 17:</b> Medición del exudado .....	31
<b>Figura 18:</b> Ensayo a resistencia a compresión .....	32
<b>Figura 19:</b> Ensayo a resistencia a flexión .....	33
<b>Figura 20:</b> Ensayo a resistencia a tracción indirecta .....	34
<b>Figura 21:</b> Flujograma de desarrollo del trabajo de tesis.....	35
<b>Figura 22:</b> Asentamiento de mezcla fresca a diferentes dosificaciones con fibras de polímeros reciclados y mezcla patrón.....	37
<b>Figura 23:</b> Temperatura de mezcla fresca a diferentes dosificaciones con fibras de polímeros reciclados y mezcla patrón.....	38
<b>Figura 24:</b> Exudado de mezcla fresca(ml) a diferentes dosificaciones de fibras de polímeros reciclados y mezcla patrón.....	39
<b>Figura 25:</b> Resistencia a compresión de acuerdo con el tipo y dosificación de polímero y muestra patrón a los 14 días de curado. ....	41
<b>Figura 26:</b> Resistencia a compresión de acuerdo con el tipo y dosificación de polímero y muestra patrón a los 21 días de curado. ....	42
<b>Figura 27:</b> Resistencia a compresión de acuerdo con el tipo y dosificación de polímero y muestra patrón a los 28 días de curado .....	43
<b>Figura 28:</b> Resistencia a flexión de acuerdo al tipo y dosificación de fibras de polímero a los 28 días de curado.....	45
<b>Figura 29:</b> Resistencia a tracción de acuerdo al tipo y dosificación óptimo de fibra de polímero a los 28 días de curado.....	47
<b>Figura 30:</b> Esfuerzo generado por tanden de 16.4 ton en el centro del pavimento rígido, sin fibras de polímero. ....	49

<b>Figura 31:</b> <i>Esfuerzo generado por tanden de 16.4 ton en el centro del pavimento rígido, con fibra de polipropileno (PP).</i> .....	49
<b>Figura 32:</b> <i>Esfuerzo generado por tanden de 16.4 ton en el centro del pavimento rígido, con fibra de polietileno de alta densidad (HDPE).</i> .....	50
<b>Figura 33:</b> <i>Esfuerzo generado por tanden de 16.4 ton en el centro del pavimento rígido, con fibra de polietileno de baja densidad (LDPE)</i> .....	50
<b>Figura 34:</b> <i>Asentamiento de mezcla fresca(plg) a diferentes dosificaciones de fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE y PP) y mezcla patrón (sin fibra).</i> .....	53
<b>Figura 35:</b> <i>Temperatura de mezcla fresca (T°) a diferentes dosificaciones de fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE, PP) y mezcla patrón (sin fibra).</i> .....	54
<b>Figura 36:</b> <i>Exudado de mezcla fresca(ml) a diferentes dosificaciones de fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE y PP) y mezcla patrón (sin fibra).</i> .....	55
<b>Figura 37:</b> <i>Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero a los 14 días de curado.</i> .....	56
<b>Figura 38:</b> <i>Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero a los 21 días de curado.</i> .....	57
<b>Figura 39:</b> <i>Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero a los 21 días de curado.</i> .....	58
<b>Figura 40:</b> <i>Resistencia a flexión de acuerdo al tipo y porcentaje óptimo de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 28 días de curado.</i> .....	62
<b>Figura 41:</b> <i>Resistencia a tracción de acuerdo al tipo y porcentaje óptimo de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 28 días de curado.</i> .....	65

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Table 1: Compuesto químico del cemento andino</i> .....	11
<i>Table 2: Propiedades físicas y química</i> .....	12
<i>Tabla 3: Asentamiento de concreto fresco(plg) con distintas proporciones y fibras de polímero (HDPE, LDPE, PP), incluido el patrón (sin fibra).</i> .....	37
<i>Tabla 4: Temperatura de concreto fresco(°C) con distintas proporciones y fibras de polímero (HDPE, LDPE, PP), incluido el patrón (sin fibra).</i> .....	38
<i>Tabla 05: Exudado de concreto fresco(ml) con distintas proporciones y fibras de polímero (HDPE, LDPE, PP), incluido el patrón (sin fibra).</i> .....	39
<i>Tabla 6: Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 14 días de curado.</i> .....	41
<i>Tabla 8: Resistencia a compresión de acuerdo con el tipo y porcentaje de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 28 días de curado.</i> .....	43
<i>Figura 9: Resistencia a flexión de acuerdo al tipo y dosificación óptimo de fibras de polímero (HDPE, LDPE Y PP) y muestra patrón (sin fibra) a los 28 días de curado.</i> .....	45
<i>Tabla 10: Resistencia a tracción de acuerdo al tipo y porcentaje óptimo de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) y muestra patrón (sin fibra) a los 28 días de curado.</i> .....	47
<i>Tabla 12: Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 14 días de curado.</i> .....	57
<i>Tabla 13: Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 21 días de curado.</i> .....	58
<i>Tabla 14: Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 21 días de curado.</i> .....	59
<i>Tabla 15: Análisis de varianza de dos factores sobre las propiedades del concreto de polímero.</i> .....	60
<i>Tabla 16: Promedio de resistencia a flexión de acuerdo al tipo y porcentaje óptima de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 28 días de curado.</i> .....	62
<i>HSD = 0.238</i> .....	64
<i>Tabla 17: Prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD entre tipos de polímero.</i> .....	64
<i>Tabla 18: Promedio de resistencia a tracción de acuerdo al tipo y porcentaje óptima de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 28 días de curado</i> .....	66
<i>Tabla 19: Análisis de costo de pavimento rígido sin fibras de polímeros.</i> .....	69
<i>Tabla 20: Análisis de costo de pavimento rígido con fibras de polietileno de alta densidad (HDPE)</i> .....	69
<i>Tabla 21: Análisis de costo de pavimento rígido con fibras de polietileno de baja densidad (LDPE)</i> .....	70
<i>Tabla 22: Análisis de costo de pavimento rígido con fibras de polipropileno (PP)</i> .....	70

## GLOSARIO

1. **Polímero:** Sustancia química formada por la unión repetitiva de moléculas más pequeñas llamadas monómeros, que se enlazan entre sí mediante enlaces químicos.
2. **Monómero:** Molécula de tamaño pequeño que puede unirse químicamente con otras moléculas iguales o diferentes para formar cadenas largas llamadas polímeros.
3. **Polipropileno (PP):** Polímero termoplástico derivado del monómero propileno. Se caracteriza por ser ligero, resistente a la tracción, estable térmicamente y con buena resistencia química. Se usa en envases, fibras textiles y como refuerzo en el concreto para controlar fisuración.
4. **Polietileno de alta densidad (HDPE):** Polímero termoplástico obtenido a partir del monómero etileno. Se caracteriza por su alta densidad, rigidez, resistencia química y bajo nivel de absorción de humedad.
5. **Polietileno de baja densidad (LDPE):** Polímero termoplástico derivado del etileno, caracterizado por su baja densidad, alta flexibilidad, resistencia al impacto y buena procesabilidad.
6. **Granulometría:** Clasificación granulométrica de las piedras o partículas que componen los áridos finos y gruesos.
7. **Arena fina:** Un material con excelentes propiedades que es usado para la elaboración de concreto y a veces puede combinarse con áridos finos naturales o triturados para ayudar a mejorar la granulometría del agregado que ingresa a la dosificación. Proviene de depósitos sedimentarios.
8. **Agregado grueso:** Material pétreo de tamaño mayor a 4.75 mm (tamiz N°4), usualmente conformado por grava o piedra triturada. Es un componente esencial del concreto, ya que proporciona resistencia, rigidez y estabilidad volumétrica a la mezcla.
9. **Peso unitario:** Relación entre la masa de un material y el volumen total que ocupa, incluyendo los espacios vacíos entre partículas. En el caso de los agregados, se expresa en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ) y es un parámetro importante para el diseño de mezclas de concreto, ya que influye en la dosificación, trabajabilidad y resistencia del material.
10. **Diseño de mezclas:** Proceso mediante el cual se determinan las proporciones adecuadas de cemento, agua, agregados (finos y gruesos), aditivos y, en algunos casos, fibras, con el fin de obtener un concreto que cumpla con las propiedades de resistencia, trabajabilidad y durabilidad requeridas para una obra específica.
11. **Mezcladora:** Máquina con motor eléctrico o de gasolina que consta de un cilindro en forma de tambor que se utiliza para mezclar ingredientes del concreto.

12. **Agua de Curado:** Este proceso busca garantizar la hidratación del cemento mediante el suministro constante de agua una vez el concreto ha fraguado. Esta agua debe mantener unas condiciones de temperatura adecuadas al sitio y condiciones ambientales para garantizar su correcta función.
13. **Asentamiento:** Es una medida de la trabajabilidad del hormigón en estado fresco, que permite observar si el hormigón a verter tiene buena consistencia. Se mide usando un cono de Abraham.
14. **Probeta:** Muestra de concreto, de dimensiones determinadas y conservada en condiciones preestablecidas, para posteriormente ser sometida a ensayos.
15. **Exudado:** El exudado se genera cuando una parte del agua de la mezcla asciende o sube a la parte superficial del concreto fresco, debido a ello los sólidos no son retenidos en su totalidad durante el fraguado.
16. **Temperatura:** Parámetro que indica el grado de calor presente en la mezcla fresca de concreto en el momento de su preparación, transporte y colocación. Es un factor crítico que influye en la velocidad de hidratación del cemento, la trabajabilidad, la aparición de fisuración plástica y el desarrollo de resistencias mecánicas.
17. **Segregación:** La segregación se da cuando la mezcla se distribuye de manera heterogénea en el concreto.
18. **Concreto:** Mezcla homogénea de cemento, agua, agregados finos y gruesos, y en algunos casos aditivos o fibras, que al fraguar y endurecerse adquiere propiedades pétreas. Es uno de los materiales de construcción más utilizados por su resistencia, durabilidad y versatilidad en obras civiles y estructurales.
19. **Concreto reforzado:** Concreto que contiene acero de refuerzo, en forma de barras, mallas o fibras metálicas, que trabaja en conjunto con la matriz de concreto. Esta combinación aprovecha la resistencia a compresión del concreto y la resistencia a tracción del acero, logrando estructuras más resistentes, seguras y duraderas.
20. **Concreto pesado:** Mezcla de cemento, agregados (finos y gruesos), agua y, en algunos casos, aditivos o fibras. Se denomina "pesado" cuando emplea agregados densos que aumentan su resistencia y durabilidad, siendo ideal para pavimentos rígidos.
21. **Densidad:** Relación entre la masa de un material y el volumen que ocupa. En el concreto, la densidad es un parámetro clave que influye en su resistencia, durabilidad y comportamiento frente a cargas. Se expresa en kilogramos por metro cúbico ( $\text{kg/m}^3$ ).
22. **Flexibilidad:** Propiedad mecánica de un material que describe su capacidad para deformarse bajo esfuerzos sin llegar a fracturarse. En pavimentos, se asocia a la habilidad de absorber cargas y adaptarse a movimientos del terreno.
23. **Pavimento:** Estructura formada por capas de materiales dispuestas sobre una superficie de soporte, destinada a resistir y distribuir las cargas producidas por el tránsito vehicular y brindar una superficie de rodadura durable y segura.

24. **Capa de rodadura:** Estrato superior del pavimento que está en contacto directo con el tránsito vehicular. Debe presentar resistencia al desgaste, estabilidad y confort en la circulación.
25. **Rasante:** Línea de referencia que define la elevación o nivel de la superficie de la vía respecto a un plano de comparación, utilizada en el diseño geométrico de carreteras y pavimentos.
26. **Base:** Capa estructural del pavimento ubicada entre la subbase (o la subrasante, en caso de no haber subbase) y la capa de rodadura. Su función es proporcionar soporte, resistencia y distribución de cargas hacia las capas inferiores.
27. **Subbase:** Capa de material granular colocada entre la base y la subrasante del pavimento. Contribuye a mejorar la capacidad de soporte del suelo natural, distribuyendo cargas y evitando deformaciones.
28. **Pavimento flexible:** Tipo de pavimento constituido principalmente por capas de materiales granulares y una carpeta asfáltica. Se caracteriza por distribuir las cargas a través de la deformación de sus diferentes capas, adaptándose mejor a movimientos del terreno.
29. **Pavimento semirrígido:** Pavimento que combina una base tratada con cemento u otros estabilizantes (lo que le otorga rigidez parcial) y una carpeta asfáltica en la superficie. Proporciona mayor durabilidad y resistencia que el pavimento flexible, pero con menor rigidez que el pavimento rígido.
30. **Pavimento rígido:** Superficie de rodadura construida principalmente de concreto hidráulico. Se caracteriza por su alta durabilidad, capacidad de soportar cargas pesadas y baja deformación frente al tránsito.
31. **Análisis de varianza:** Método estadístico que permite comparar las medias de tres o más grupos de datos para determinar si existen diferencias significativas entre ellos.
32. **Módulo de elasticidad:** Propiedad mecánica de los materiales que mide la relación entre el esfuerzo aplicado y la deformación unitaria producida en la zona elástica.

## LISTA DE ACRÓNIMOS

- **HDPE:** Polietileno de alta densidad
- **LDPE:** Polietileno de baja densidad
- **PP:** Polipropileno
- **ISO 9001:** International Organization for Standardization, norma 9001
- **SBR:** Styrene-Butadiene Rubber (Caucho Estireno-Butadieno)
- **ACI:** *American Concrete Institute* (Instituto Americano del Concreto)
- **NTP:** Norma Técnica Peruana
- **TM:** Tamaño máximo del agregado.
- **TMN:** Tamaño máximo nominal del agregado.
- **P.U:** Precio unitario
- **PRF:** Polímeros reforzados con fibras
- **OIT:** Organización Internacional del Trabajo
- **MTC:** Ministerio de Transportes y Comunicaciones
- **CBR:** California Bearing Ratio (Índice de Soporte California)
- **PCA:** Portland Cement Association (Asociación del Cemento Pórtland)
- **ASTM:** American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana de Pruebas y Materiales)
- **AFNOR:** Association Française de Normalisation (Asociación Francesa de Normalización)
- **ANOVA:** Analysis of Variance (Análisis de Varianza)
- **HSD:** Honestly Significant Difference (Diferencia Honestamente Significativa)

## LISTA DE SÍMBOLOS

- $A^{\circ}F^{\circ}$ : Agregado fino.
- $A^{\circ}G^{\circ}$ : Agregado grueso
- $f_c$ : Resistencia a la compresión del concreto
- $W\%$ : Contenido de humedad
- $T$ : Resistencia a la tracción indirecta, MPa
- $P$ : Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo, N
- $L$ : Longitud, mm
- $D$ : Diámetro, mm
- $\bar{x}_{ij}$ : Cada dato individual
- $SSA$ : Suma de Cuadrados del Factor A
- $a$ : Número de niveles de
- $n_i$ : Número total de datos por polímero
- $\bar{x}_i$ : Promedio de cada polímero
- $SSB$ : Suma de cuadrados del factor B
- $b$ : Niveles del porcentaje
- $n_j$ : Total de datos por porcentaje
- $\bar{x}_j$ : Promedio por porcentaje
- $SSAB$ : Suma de cuadrados de la interacción AxB
- $SSE$ : Suma de cuadrados del error (Residual)
- $SC$ : suma de cuadrados
- $MC$ : Media cuadrática
- $\bar{x}_T$ : Promedio general
- $SCT$ : Suma de cuadrados total
- $SCE$ : Suma de cuadrados entre grupos
- $SCD$ : Suma de cuadrados dentro del grupo
- $gl_T$ : Grados de libertad

# 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. Descripción del problema

En la actualidad se busca mejorar las propiedades del concreto para superar ciertas limitaciones que existe, por tal motivo surge el concretos reforzados donde se mezcla dos o más materiales con la finalidad de lograr las propiedades deseadas con respecto a la resistencia a flexión, compresión, fatiga, corrosión, dureza y rigidez (Martínez et al., 2024).

Las fisuras que se presentan en los pavimentos rígidos se deben a múltiples fenómenos como retracción plástica, térmica, cargas repetitivas, al asentamiento de la sub base y deficiencia en la calidad de los materiales (Carrion et al., 2019; Campos y Berru, 2024).

Las fisuras generadas reducen el tiempo de vida del pavimento, incrementando los costos de mantenimiento. Para reducir estos costos, diversas investigaciones han demostrado que las fibras de polímeros (HDPE, LDPE Y PP) confieren mayor resistencia a compresión, flexión y control de agrietamiento (Medina, 2022; Reyes, 2023).

Al realizar investigaciones de fibras de polímero (PP, HDPE, PET) empleando método predictivo manifiesta que existe un rango de dosificación optima que mejorar la resistencia a compresión y desempeño (Mohammed y Rahman, 2024).

En la región de Ayacucho existe distintos problemas relacionados al deterioro de los pavimentos y por ello se quiere implementar con fibras de polímeros reciclados de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP), para aumentar la resistencia al agrietamiento generadas por la contracción plástica, térmica, asientos plásticos y fatiga.

El aumento excesivo de residuos de plástico como el polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y el polipropileno (PP) afectan negativamente el medio ambiente, puesto que su degradación es muy lenta (Abd Almajeed y Abbas, 2024).

Utilizar el polímero (HDPE, LDPE y PP) reciclado reduce en gran medida la contaminación ambiental, además es más económico en comparación a otros refuerzos que se utilizan en los concreto.



### 1.2.2. Temporal

En presente trabajo de investigación se realizó entre los meses de marzo a julio del 2025.

### 1.2.3. Temática y unidad de análisis

El área de investigación está relacionada con los concreto reforzado; la línea de investigación esta referido al concreto reforzado con fibras de polímeros; la unidad de análisis son las propiedades plásticas y mecánicas del concreto pesado y el nivel de investigación es explicativo.

## 1.3. Formulación del problema

### 1.3.1. Problema general

¿Cuál será la influencia de fibras de polímeros reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito Ayacucho 2022?

### 1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cómo influyen en el comportamiento plástico (Slump, temperatura y exudado) del concreto pesado con las fibras de polímeros reciclados de HDPE, LDPE y PP?
2. ¿Cómo influyen en el comportamiento mecánico (compresión, flexión y tracción) de concreto pesado las fibras de polímero reciclado de HDPE, LDPE y PP?
3. ¿Cuál será el costo de un pavimento rígido de resistencia  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ , con y sin fibras de polímeros reciclados de HDPE, LDPE y PP.?

## 1.4. Justificación e importancia

El presente trabajo de investigación nos permitirá conocer la influencia de que tiene las fibras de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y el polipropileno (PP) en el comportamiento plástico y mecánico del concreto. Teniendo en cuenta estos datos se podrá implementar estas fibras de polímeros en los pavimentos rígidos, para mejorar el comportamiento físico y mecánico evitando que exista fallas por fatiga. Con relación al costo este tipo fibras son accesibles por tratarse de un material reciclado y además contribuye de manera positiva al impacto ambiental y el desarrollo sostenible.

Es importante utilizar este tipo de concreto reforzado con fibra de polímeros reciclados, ya que prolonga el tiempo de vida útil del pavimento, además se ahora considerablemente en el mantenimiento.

### **1.5. Limitaciones de la investigación**

El presente trabajo de investigación presenta ciertas limitaciones con respecto al ensayo de fatiga puesto que no existe este equipo en la ciudad de Ayacucho. La durabilidad fue una de las propiedades que no se pudo evaluar debido al corto tiempo del trabajo.

### **1.6. Objetivos**

#### 1.6.1. Objetivo general

Determinar la influencia de fibras de polímeros reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022.

#### 1.6.2. Objetivo específico

1. Determinar si las fibras de polímero reciclado artificial (HDPE, LDPE y PP) influyen en el comportamiento plástico (Slump, temperatura y exudado) del concreto pesado.
2. Determinar si las fibras de polímero reciclado artificial (HDPE, LDPE y PP) a diferentes dosificaciones influyen en el comportamiento mecánico (compresión, flexión y tracción) de concreto pesado.
3. Determinar el costo de un pavimento rígido de resistencia  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ , con y sin fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE y PP)

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1. Investigaciones internacionales

En la investigación de Ayoob y Khan (2025) evaluó el comportamiento del concreto reforzado con fibras de polipropileno (PP) combinado con cenizas de cascara de arroz. se empleó 0.5% de fibras de polipropileno (PP) y diferentes dosificaciones de ceniza para una resistencia de 35MPa. De esta investigación se pudo demostrar que existe una mejora perceptible en la propiedad mecánica, como la resistencia a compresión, flexión y tracción respecto al concreto convencional, la incorporación de estos dos elementos permitió mejorar el control de fisura e incremento la durabilidad, por consiguiente, se sugiere el empleo de esta combinación por ser sostenible y eficaz en pavimento rígido.

En la investigación realizada por Lone y Singh (2023) se evaluó concreto de M25 que estaba reforzado con fibras de polipropileno y fibra de poliester. Se realizaron ensayos mecánicos como la resistencia a compresión, flexión y tracción indirecta, como resultado se evidencio que el concreto con fibras de polipropileno presenta mejor comportamiento mecánico especialmente a flexión y tracción, respecto a fibras de piester y la mezcla control (sin ningún tipo de fibra), por otro lado, emplear polipropileno a dosificaciones elevadas reduce la trabajabilidad ya que dificulta el mezclado, colocación y compactación.

En su trabajo de investigación Kos, et al. (2023), realiza experimentos sobre concreto reforzado con fibras en pavimentos rígidos, donde evaluó las propiedades de desempeño y mecánico. Donde concluye que las fibras de polipropileno mejora de manera significativa la resistencia a flexión además controla las fisuras del pavimento, demostrando que es viable el empleo de fibras de plástico en los pavimentos.

En la investigación realizada por Flores, et al. (2024) se analizó la adición de fibras de polietileno de alta densidad (HDPE) en concreto reforzado, donde se evaluó sus propiedades mecánicas y electroquímicas. Donde observo mejoras en la resistencia a flexión, tenacidad y durabilidad a la corrosión. Con ello se evidencia el potencial del polímero para optimizar el desempeño estructural.

### 2.1.2. Investigaciones nacionales

En la investigación realizada por Reyes (2023) evalúa la influencia que genera las fibras de polipropileno (PP) en el concreto en pavimento rígido a diferentes dosificaciones, poniendo énfasis en la resistencia a compresión y trabajabilidad de la muestra. En los resultados obtenidos se pudo evidencia que el concreto con fibras de polímero mejora el comportamiento post- fisura, de esta manera reduce la formación de microgrietas, mejorando el control de fisuras tempranas en el pavimento rígido, también se evidenció que a porcentaje elevado de fibras genera variación en la resistencia a compresión y reduce la trabajabilidad, de esta investigación de puedo concluir que existe un rango óptimo de fibras de PP que mejora sustancialmente el comportamiento mecánica y plástico del concreto.

Caso y De la cruz (2021) en su trabajo de investigación realizó un diseño de mezcla para asfalto, donde incorpora polímeros HDPE y SBR, con la finalidad de atribuirle cierta característica para mejorar la mezcla asfáltica. Para llevar a cabo el diseño de mezcla utilizo el método Marshall, donde su resultado óptimo de la mezcla asfáltica fue 4.92%, posteriormente procedió a mejorar añadiendo fibras de polímeros (HDPE y SBR) de manera separada, llegando a mejorar la mezcla con fibra de HDPE y SBR en un 4% y 6% respectivamente.

En el trabajo de investigación de Camacho y Espinoza (2022), empleo fibras de plástico reciclados ( PET,PP, LDPE) para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, donde observo que al adicionar fibras de plástico como el PET,PP y LDPE, a dosificaciones óptimas la resistencia a flexión mejoró además redujo la fisura que se genera por retracción plástica, pero a elevada dosificación afecta la trabajabilidad del concreto, finalmente se concluyó que las fibras de polímero es una buena alternativa económica y sostenible que se puede emplear en pavimento rígido.

Huamán y Villanueva (2023) en su trabajo de investigación evaluó la influencia que tiene las fibras de polietileno de alta densidad (HDPE) en la resistencia del concreto de  $210\text{kg/cm}^2$ , esta investigación fue de tipo experimental, donde se elaboró mezclas a dosificación de 0.5%,1% y 1.5% los cuales se sometieron a ensayos plástico (trabajabilidad, peso unitario) y ensayos mecánicos como la resistencia a compresión a los 7 ,14, 28 días. Referente al ensayo plásticos se pudo demostrar que al adicionar fibras de HDPE reduce el asentamiento, como consecuencia disminuye la trabajabilidad conforme incrementa la dosificación, respecto a la resistencia la mezcla con 0.5% de fibras de HDPE alcanzo un incremento de 6 – 8% con relación al concreto patrón, en cambio con proporciones

de 1% y 1.5% la resistencia tiende a disminuir con respecto a la muestra patrón, de igual manera sucede con el peso unitario del concreto, puesto que disminuye al aumentar fibras de HDPE.

De esta investigación los autores concluyeron, que a proporciones bajas de fibras de HDPE mejora la resistencia del concreto, mientras que para mayores proporciones afecta la trabajabilidad y las propiedades mecánicas (Huamán y Villanueva, 2023).

La incorporación de RCA redujo la resistencia a compresión en un rango de 5% a 15% respecto al concreto convencional, puesto que presenta mayor absorción y porosidad (Jagadesh et al., 2024).

Mientras que al adicionar fibras de HDPE tiende a mejorar la resistencia a tracción, flexión y tenacidad del concreto, puesto que reduce la fisura e incrementa la ductilidad del material (Flores et al., 2024; Abeysinghe, 2021). La dosificación óptima fue de 25% de RCA y 0.5% de fibra HDPE, donde se logró la resistencia a compresión cercana a 280kg/cm<sup>2</sup>, además incremento significativamente la resistencia a flexión (Duraiswamy et al., 2024). Mientras que a proporciones mayores de RCA o fibras de origen disminuye en la trabajabilidad y ligera disminución en la compresión.

Quispe (2019) en su trabajo de investigación desarrollado sobre la incidencia de fibras de polipropileno en la durabilidad del concreto simple, aplicado a pavimento rígido liviano, busca mejorar las propiedades del concreto con fibras de polipropileno a diferentes dosificaciones (0, 600, 800 y 1000g/m<sup>3</sup>) donde establece que la dosificación óptima es 600g/m<sup>3</sup> tanto en el ensayo a compresión y flexión. Existe incremento de 9.39% en la resistencia a compresión y un incremento de 29.80% a flexión a los 28 días, de estos resultados concluye que las fibras de polipropileno (PP) tienen buen comportamiento a flexión, por lo tanto, es adecuado utilizarlo en pavimentos rígidos.

Leiva (2019) en su trabajo de investigación aplica fibras de polipropileno macro sintéticas para mejorar las propiedades del concreto del pavimento rígido. Donde evaluó la influencia de las fibras de polipropileno (PP) para que el pavimento de concreto tenga mayor resistencia, durabilidad y tiempo de vida. De los ensayos realizados obtuvo dosificaciones óptimas, para SikaFiber Force, fibras SikaFiber PE y la fibra Z de 4kg/m<sup>3</sup>, 0.7kg/m<sup>3</sup> y 0.7kg/m<sup>3</sup> respectivamente, de los resultados obtenidos se pudo concluir que las macro fibras de polipropileno influyen de manera positiva, aumentando la resistencia a la compresión y flexión transcurrido los 28 días.

## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Agregados

Los agregados son materiales granulares que pueden ser naturales o artificiales, ocupan el 60% y 80% del volumen total del concreto, constituyen una pieza fundamental de la resistencia del concreto. De acuerdo a la norma técnica peruana NTP 400.037:2021, los agregados están clasificados en agregados fino y grueso, de acuerdo al tamaño de la partícula. Se considera agregados finos a los que pasan el tamiz N.º 4 (4,75 mm), en cambio se considera agregado grueso son los que quedan retenidos en ese tamiz (INACAL, 2021).

Los agregados finos y gruesos forman parte importante del volumen del concreto así mismo su propiedad física como: la densidad, granulometría, absorción, origen y textura influye en las propiedades mecánicas y plásticas del concreto. El origen del agregado es transcendental ya que de ellos depende la rigidez y resistencia del concreto (da Silva, Gonçalves, y Bertoldo, 2023).

### 2.2.2. Propiedad de los agregados

- Análisis granulométrico

La granulometría esta referido a la distribución de tamaños, pueden ser agregado fino o grueso, esta propiedad es fundamental puesto que influye directamente en la resistencia, durabilidad y trabajabilidad del concreto. Además, determina la compacidad y grado de vacío de la mezcla. Una granulometría apropiada nos ayuda a obtener una mezcla densa, con menor consumo de agua y una buena adherencia pasta - agregado (Mindess et al., 2021).

- Curva granulométrica

La curva granulometría es una representación gráfica de la distribución de las partículas de agregados, que pasan por cada tamiz normalizado el cual está relacionado al tamaño de la abertura. Mediante este análisis podemos determinar la continuidad, uniformidad de los agregados para obtener un concreto de buena calidad (Neville y Brooks, 2021; INACAL, 2021; ASTM, 2019).

- Tamaño máximo y tamaño nominal

El tamaño máximo de agregados está determinado por el tamaño del menor tamiz que pasa la totalidad del material. El tamaño nominal máximo es el tamiz inmediatamente superior que retiene entre el 5% y 15% de material. estos son

fundamental para realizar el diseño de mezcla de concreto, puesto que incide directamente en la resistencia, trabajabilidad, durabilidad y densidad del material (Neville y Brooks, 2022).

De acuerdo a la norma técnica, el tamaño máximo nominal debe escogerse teniendo en cuenta el tipo de estructura, espesor del elemento y separación entre armadura además se tiene que tener en cuenta condición de colocación del concreto. Usualmente se sugiere que el tamaño máximo de agregado no sea superior a la quinta parte de la menor dimensión del elemento estructural, ni tampoco tres cuartos del espacio libre entre barras de refuerzo, de esta manera se asegura una mejor distribución homogénea y evita la formación de segregación del concreto (INACAL, 2021).

- Módulo de finura

El módulo de finura (MF), se encarga de medir la gradación promedio de las partículas del agregado, el cual se obtiene al sumar el porcentaje de agregados retenidos acumulados en una serie de tamiz normalizado y el total dividido entre 100. Con estos valores se evalúa el tamaño medio y textura del agregado fino, estos parámetros son importantes para realizar el control de calidad del concreto (Mehta y Monteiro, 2022).

El módulo de finura incide directamente en la resistencia, cohesión y trabajabilidad del concreto, cuando la arena tiene un módulo de finura por debajo de 2.3, presenta un elevado contenido de finos, lo que genera una mayor demanda de agua y cemento, mermando la resistencia y durabilidad del concreto. Por otro lado, cuando el módulo de finura superior a 3.1, ocasiona segregación o mezcla heterogénea (Mindess, Young, y Darwin, 2023).

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana, el módulo de finura de los agregados finos debe oscilar entre 2.3 y 3.1, mientras que para el ACI 211.1-19 recomienda que no debe superar  $\pm 0.20$  respecto al valor de diseño, para asegurar la uniformidad en la propiedad del concreto fresco y endurecido (INACAL, 2021; ACI, 2019).

- Densidad y peso específico

La densidad y el peso específico son propiedades físicas esenciales de los agregados ya que inciden de manera directa en la dosificación, trabajabilidad, durabilidad y resistencia del concreto. La densidad se conceptualiza como la masa por unidad de volumen ( $\text{kg/m}^3$ ) del material, en cambio el peso específico se obtiene de la relación que existe entre la masa de un volumen del agregado y la masa del volumen de agua (Mehta y Monteiro, 2022).

- **Peso volumétrico**

De acuerdo a la norma técnica peruana, el peso volumétrico de los agregados tiende a cambiar de acuerdo a la forma, textura, grado de compactación y granulometría del agregado. Los agregados gruesos presentan menor peso volumétrico, debido a que se genera vacíos grandes entre las partículas, en cambio los agregados finos por ser partículas pequeñas tienen valores más elevados de peso volumétricos. El peso volumétrico de agregados es una propiedad física que se obtiene de la relación de la masa del agregado seco y el volumen total que ocupa, este volumen también incluye los vacíos que se generan entre partículas (ASTM International, 2022).

- **Humedad**

La humedad es un parámetro importante para poder realizar el control de dosificación y calidad del concreto, este parámetro influye en el volumen de agua efectiva que se requiere en la hidratación del cemento asimismo en la trabajabilidad de la mezcla (Kosmatka, Kerkhoff, y Panarese, 2021) La variación de humedad puede generar cambio en la relación de agua/cemento, esta afecta de manera directa la resistencia y durabilidad del concreto.

Para la NTP 400.012:2021, la humedad de los agregados es el porcentaje de agua que se encuentra en el material en relación a su masa seca. Además, incluye la humedad superficial y las absorbidas por los poros. El contenido de humedad varía de acuerdo al tipo de granulometría, porosidad, agregado y condiciones ambientales (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2021).

Para Mindess, Young y Darwin (2022), la humedad del agregado grueso usualmente es menor del 2%, mientras que para el agregado fino la humedad oscila entre el 2% y 8%, en los concretos reforzados con fibras de polímeros reciclados puede cambiar o modificar la retención de agua dentro de la matriz cementicia, lo cual afecta la cohesión, la consistencia y las propiedades plásticas del concreto reforzado.

- **Absorción**

Para la Norma Técnica Peruana, la absorción está determinada por el porcentaje de incremento de masa, cuando el agregado seco es sometido durante un tiempo determinado hasta llegar a la saturación.

Para Neville y Brooks (2021), Los valores de absorción de los agregados gruesos oscilan entre 0.2% y 2.5%, en cambio para los agregados finos la absorción

llega hasta 3%. Una elevada absorción está relacionada con mayor porosidad, como consecuencia puede generar mayor cantidad de agua, mayor vulnerabilidad al ciclo de congelamiento y descongelamiento además reduce la trabajabilidad. Para Mehta y Monteiro (2022), la absorción de agregados en un pavimento rígido con fibras de polímero adquiere importancia adicional, puesto que influye en el balance hídrico interno, consistencia, cohesión del concreto plástico.

### 2.2.3. Cemento portland

Para la Norma Técnica Peruana, el cemento portland se obtiene mediante la molienda del clinker, que está formado especialmente por el silicato, ferritos de calcio y aluminatos, además por pequeñas cantidades de yeso que ayuda a regular el tiempo de fraguado (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2021). Es cemento está clasificado en varios tipos, de acuerdo a la ASTM C150/C150M-23, depende de sus propiedades química y su aplicación específica.

- Tipo I: Uso general en estructuras sin requerimientos especiales.
- Tipo II: Moderada resistencia a sulfatos y calor de hidratación.
- Tipo III: Alta resistencia inicial.
- Tipo IV: Bajo calor de hidratación (usado en grandes estructuras masivas).
- Tipo V: Alta resistencia a sulfatos (empleado en ambientes agresivos).

La resistencia generada, que confiere el cemento portlan está vinculado a factores como la temperatura de curado, finura y relación agua/cemento.

Para Kosmatka, Kerkhoff y Panarese (2021), la resistencia del concreto alcanza el 70 – 80% de resistencia a los 28 días.

**Table 1:** *Compuesto químico del cemento andino*

Compuesto	Fórmula química	Símbolo
Silicato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_3\text{S}$
Silicato dicálcico	$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	$\text{C}_2\text{S}$
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{C}_3\text{A}$
Ferrito aluminato tetracálcico	$4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{C}_4\text{AF}$
Yeso (sulfato de calcio dihidratado)	$\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$	—
Puzolanas (en cementos adicionados)	$\text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3$ (naturales)	—

**Nota.** Datos tomados de *MSDS – Hoja de datos de seguridad del material:*

*Cemento Andino Tipo I* (Unión Andina de Cementos S.A.A. [UNACEM], 2021).

**Table 2:** *Propiedades físicas y química*

Propiedad	Valor típico	Unidad / Norma
Finura (residuo tamiz #200)	≤ 10 %	ASTM C430
Área superficial (Blaine)	> 2800	cm <sup>2</sup> /g
Tiempo de fraguado inicial	≥ 45	minutos (ASTM C191)
Tiempo de fraguado final	≤ 375	minutos
Expansión (autoclave)	≤ 0.80 %	ASTM C151
Resistencia a la compresión (1 día)	> 10	MPa (variable según tipo)
Resistencia a la compresión (28 días)	> 42.5	MPa
Densidad aparente	~ 3.15	g/cm <sup>3</sup>
Color	Gris claro	—

**Nota.** Datos tomados de *MSDS – Hoja de datos de seguridad del material: Cemento Andino Tipo I* (Unión Andina de Cementos S.A.A. [UNACEM], 2021).

#### 2.2.4. Polímero


Son macromoléculas constituidas por la unión repetitiva de unidades más pequeñas denominadas monómeros, el cual está enlazado mediante reacciones químicas llamada polimerización. Los polímeros pueden ser lineales, ramificada o reticulada esta depende del tipo de monómeros y el proceso de síntesis (Callister y Rethwisch, 2020).

Los polímeros son empleados como aditivo, recubrimiento y también como refuerzos en el ámbito de la construcción, específicamente en el pavimento rígido. La incorporación ayuda a mejorar las propiedades de adherencia, resistencia al impacto, flexibilidad e impermeabilidad. Además, permite reducir el impacto negativo que genera en el medio ambiente (Siddique, Khatib, y Kaur, 2021).

Los polímeros se clasifican en sintéticos y naturales, dentro del grupo sintético podemos encontrar al polipropileno, polietileno, policarbonato y poliéster; en el grupo de polímeros naturales están las celulosas, caucho natural y proteínas. Los polímeros sintéticos son frecuentemente usados en la ingeniería debido a su alta resistencia a la corrosión, capacidad aislante y bajo peso específico (Akindoyo et al., 2020).

**Figura 3:** Algunos altos polímeros lineales, sus monómeros y sus unidades repetitivas

Polímero	Monómero	Unidad repetitiva
Poli(etileno)	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	$-\text{CH}_2\text{CH}_2-$
Poli(cloruro de vinilo)	$\text{CH}_2=\text{CHCl}$	$-\text{CH}_2\text{CHCl}-$
Poli(isobutileno)	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2=\text{C} \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ -\text{CH}_2-\text{C}- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$
Poli(stireno)*	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH} \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2-\text{CH}- \\   \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
Poli(caprolactama) (nylon 6)	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{N}(\text{CH}_2)_5\text{C}-\text{OH} \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{N}(\text{CH}_2)_5\text{C}- \\   \quad \quad \quad    \\ \text{H} \quad \quad \quad \text{O} \end{array}$
Poli(isopreno) (caucho natural)	$\begin{array}{c} \text{CH}_2=\text{CH}-\text{C}=\text{CH}_2 \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} -\text{CH}_2\text{CH}=\text{C}-\text{CH}_2- \\   \\ \text{CH}_3 \end{array}$

\* Por convención el símbolo  se utiliza a todo lo largo del libro para representar el anillo bencénico, habiéndose omitido los dobles enlaces.

**Nota.** Reproducido de *Ciencia de los polímeros* (1.<sup>a</sup> ed., Vol. 1, p. 4), por F. W. Billmeyer, 2004, Editorial Reverté.

Según Beltrán y Marcilla (2012) los polímeros estas formadas por uniones repetitivas de una o múltiples moléculas, los cuales están enlazadas por un tipo de enlaces covalentes. Estos polímeros de acuerdo a su origen s pueden ser sintéticos o naturales. Los polímeros sintéticos a nivel de su estructura presentan uno o tres unidades distintas que constantemente se repiten, en cambio los polímeros naturales o biopolímeros poseen estructuras complejas.

#### 2.2.5. Tipos de polímeros

- Polietileno de alta densidad (HDPE)

Los polietilenos de alta densidad es un tipo de polímero termoplástico que proviene del etileno, cuya densidad es relativamente alta que varía entre 0,94- 0.970 g/cm<sup>3</sup>, la estructura a nivel molecular es lineal con pocas ramificaciones. La disposición estructural le confiere una elevada resistencia mecánica, estabilidad química y rigidez (Akindoyo et al., 2022).

los polímeros de alta densidad (HDPE) se producen a partir de la polimerización del etileno ( $C_2H_4$ ) para lo cual se emplean catalizadores con el Ziegler- Natta o metallocénicos, mediante este proceso se puede controlar el peso molecular y de cristalinidad (Zhao et al., 2023). La temperatura de fusión varía de 130 y 137°C, lo que hace ideal para aplicar donde la resistencia térmica es moderada (Rojas y Martínez, 2024).

En el área de ingeniería civil los polímeros de alta densidad se emplean como material de refuerzo de la mezcla, puesto que se usan como fibras, estas fibras contribuyen a mejorar la resistencia post. Fisura, tenacidad y control de fisura por contracción plástica (Sharma et al., 2023).

El emplear fibras de polietileno de alta densidad reciclado en el concreto no solo ofrece ventajas técnicas, además tiene efecto positivo para el medio ambiente puesto que reduce el volumen de residuos plásticos (González y Torres, 2025). Estudios recientes han demostrado que la adición de fibras de 0.5 % y 1.5 % de fibras de HDPE mejora la resistencia a tracción indirecta y flexión, aunque puede reducir levemente la fluidez y trabajabilidad del concreto fresco (Benyahia et al., 2024).

- Polietileno de baja densidad (LDPE)

Los polietilenos de baja densidad es un tipo de polímero termoplástico que proviene del etileno, cuya densidad relativamente oscila entre 0,91- 0.930 g/cm<sup>3</sup>, la estructura a nivel molecular es altamente ramificado. (Kumar et al., 2023). Este tipo de polímero se produce por polimerización radicalaria a alta presión y temperatura, este proceso genera cadenas poliméricas con múltiples ramificaciones laterales (Rojas y Méndez, 2024).

Teniendo en cuenta las características físico y química de las fibras polietileno de baja densidad, presentan baja rigidez, alta resistencia química, excelente resistencia al impacto y baja rigidez respecto al HDPE (Zhao et al., 2023). La temperatura de fusión oscila entre 105 °C y 115 °C, los hace adecuado para aplicaciones flexibles (Akindoyo et al., 2022).

En el área de ingeniería civil los polímeros de baja densidad se emplean como material de refuerzo secundario en mezcla cementicia, debido a que confiere mejor ductibilidad, reduce la permeabilidad del concreto, controla la fisura por contracción plástica del concreto, aunque su influencia en la resistencia a compresión suele ser limitada (Benyahia et al., 2024).

- Polipropileno (PP)

Los polipropilenos son polímeros termoplásticos semicristalino que provienen de monómeros propileno( $C_3H_6$ ), el cual se obtiene por el proceso de polimerización para lo cual se emplean catalizadores con el Ziegler- Natta o metalocénicos (Kumar et al., 2023). Estos polímeros se caracterizan por presentar una baja densidad que varías de  $0.90-0.91 \text{ g/cm}^3$ , buena estabilidad térmica, baja absorción de agua y elevada resistencia química, por consiguiente, se emplea en la ingeniería y construcción (ACI Committee 544, 2021).

Los polipropilenos están constituidos por cadenas lineales con grupo metilo ( $-CH_3$ ) distribuidos de manera regular, esta fibra confiere mayor rigidez y térmica a comparación de otros polímeros (Zhao et al., 2023). La temperatura de fusión oscila entre  $160$  y  $170 \text{ }^\circ\text{C}$ , siendo ideal para aplicaciones que son sometidas a deformaciones térmicas (Akindoyo et al., 2022).

El polipropileno (PP) se emplean para reducir la formación de fisuras por tracción plástica y mejora la tenacidad del concreto (Benyahia et al., 2024).

De acuerdo a las investigaciones se ha demostrado que la adición de fibras de polímeros en porcentajes que oscilan entre  $0.5 - 1.5\%$  de volumen de concreto incrementa la resistencia a tracción indirecta y la resistencia a flexión además mejora la durabilidad (Li et al., 2023).

#### 2.2.6. Diseño de mezcla

El diseño de mezcla es un procedimiento donde se obtiene las proporciones de agua, cemento, agregado fino, agregado grueso y aditivos con la finalidad de obtener un concreto con las características requeridas de durabilidad, trabajabilidad y resistencia. El objetivo primordial del diseño de mezcla es producir un concreto económico que sea viable además que cumpla con los requisitos estructurales (Mehta y Monteiro, 2022).

De acuerdo a American Concrete Institute, el diseño de mezcla consiste en seleccionar y determinar las proporciones de los materiales para generar el concreto, con características de trabajabilidad, resistencia y durabilidad frente a las condiciones ambientales. El diseño incluye la determinación de agua, relación de agua/cemento, la cantidad de cemento, además es importante la proporción de los agregados teniendo en cuenta sus propiedades físicas con la densidad, absorción y granulometría (ACI, 2019).

### 2.2.7. Tipos de concreto reforzado

El reforzamiento esta referido a la incorporación de algún tipo de material, para incrementar la rigidez, de esta manera se reduce la deformación y aumenta la vida útil del pavimento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2014). Reforzamiento esta referido a la técnica utilizada para incrementar la capacidad estructural, resistencia a fatiga, durabilidad. Los pavimentos reforzados con fibras de polipropileno reciclado aumentan la tenacidad, controlan las fisuras además mejora la resistencia a fatiga y tracción (Sigwas et al., 2024).

Las fibras en un pavimento rígido actúan como microrefuerzo tridimensionales incrementando la durabilidad y disminuyendo la formación de grietas (Neville & Brooks, 2021). En mezclas asfálticas, mejoran la cohesión interna y reducen la deformación plástica (rutting) bajo carga repetida (Li et al., 2022).

La obtención de fibras de polímeros (HDPE, LDPE y PP) es relativamente fácil y económico, esta ayuda en gran medida a mejorar la característica del concreto físicas y mecánicas del concreto (Martínez et al., 1994).

Según Yazdani-Pedram, Vega y Quijada (2001) el problema de los polímeros radica en la poca compatibilidad térmica, debido a ello esto materiales no se pueden mezclar de manera adecuada. Es por ese motivo que se busca aumentar o mejorar la afinidad entre las fibras de polímeros para lograr el reforzamiento de las propiedades. En la actualidad las fibras de polipropileno (PP) tienen mayor acogida; generalmente se mezcla con polímeros de diferente naturaleza para conseguir una propiedad final mejorada, ya que tiene buen comportamiento al impacto a temperatura baja. Para hace posible que los polímeros adquieran mejor característica se emplea el copolímero de injerto, esto ayuda a generar mayor contacto con otros polímeros de diferentes naturalezas reduciendo la tensión superficial.

### 2.2.8. Concreto

El concreto es una mezcla que está constituido por cemento hidráulico, agua, agregado grueso y fino, al cual se le puede adicionar aditivos o fibras para mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad. Es un material que se utiliza especialmente en la construcción de pavimento, estructural y otras obras civiles (American Concrete Institute, 2022).

De acuerdo a ASTM en concreto es un material compuesto por mezcla de cemento hidráulico, agua, agregado fino, grueso, aditivos, que endurecen como consecuencia de las reacciones químicas de hidratación. el empleo de este material

es importante en estructuras, pavimento y elementos provisionales (ASTM International, 2021).

#### 2.2.9. Propiedades plásticas

- Trabajabilidad

La trabajabilidad del concreto es una propiedad que está vinculado con la facilidad que tiene un concreto fresco de ser transportado, colocado, compactado, mezclado y que no presente segregación ni pérdida de homogeneidad. Esta propiedad se evalúa mediante el ensayo de asentamiento (ASTM International, 2023)

- Peso unitario

El peso unitario del concreto se obtiene de la relación que existe entre el material y el volumen que ocupa, además incluye vacíos que se genera entre partículas y poros de pasta cementicia. El peso unitario se clasifica en tres categorías: concreto ligero, normal y pesado, dependiendo de la compactación y agregados utilizados (ASTM International, 2023).

El peso unitario es importante porque incide directamente en la resistencia durabilidad y el comportamiento de los elementos estructurales, recientemente se ha realizado investigaciones sobre agregados reciclado y fibras de polímeros donde estas modifican el peso unitario, pero no afectan significativamente la trabajabilidad ni la resistencia (Gao y Chen, 2025; Huseien, Ismail, y Sam, 2024).

- Temperatura

La norma peruana establece un método para determinar la temperatura del concreto fresco ya que de esta manera se puede verificar la temperatura requerida o especificada en obra. Para medir la temperatura se debe usar un dispositivo el cual debe tener una precisión de  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  en el rango de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $50^{\circ}\text{C}$  (NTP 339.184,2021)

- Exudado

El exudado del concreto está condicionado por las siguientes variables como granulometría, contenido de finos, relación de agua cemento, finura de cemento, dosificación de aditivos y factores ambientales. La norma ASTM C232/C232M-14 hace referencia al ensayo para determinar el exudado del concreto, además proporciona un criterio técnico para poder evaluar esta propiedad (ASTM International, 2020).

- Segregación

La segregación se da cuando la mezcla se distribuye de manera heterogénea en el concreto, esto se debe a múltiples factores como: la diferencia en el tamaño de las piedras y la densidad, deficiente granulometría de los agregados, inadecuado transporte, mayor tiempo de vibrado y excesivo mezclado. Esta anomalía se genera de dos maneras, la primera se da cuando la mezcla es pobre ya que existe escasa cantidad de cemento (cemento seco) para una determinada cantidad de piedras y arena, debido a la escasez de cemento se produce la falta de cohesión entre las partículas.

#### 2.2.10. Propiedades mecánicas

- Resistencia a la compresión

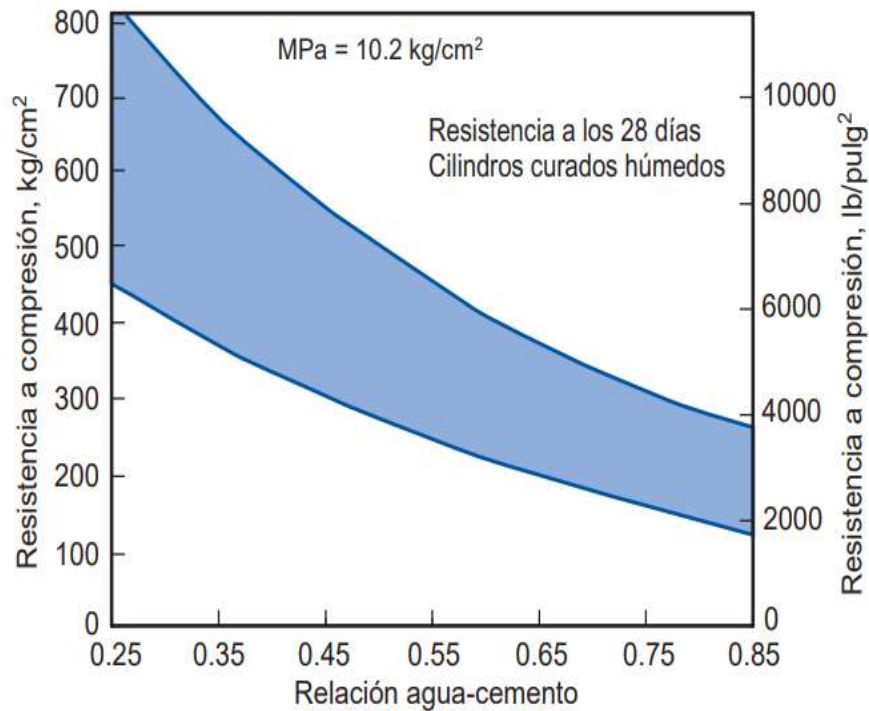
Según la ASTM C39/C39M-23, la resistencia a compresión es la resistencia que tiene el espécimen cilindro de concreto a la carga máxima entre el área de su sección transversal. Este ensayo se emplea para evaluar el desempeño y calidad del concreto consolidado (ASTM International, 2023).

De acuerdo a la NTP 339.034:2021, la resistencia a compresión se obtiene de la carga axial progresiva que se aplica hasta llegar a su rotura, el cual se expresa como la carga máxima aplicada entre el área transversal de la probeta

La resistencia a compresión es la propiedad más importante de concreto. El cual define como la resistencia que tiene el concreto endurecido a cargas axial hasta que falle. Esta propiedad está relacionada con la durabilidad, calidad y desempeño estructural del concreto, puesto que es un parámetro importante en el desempeño, control de calidad en obras civiles (Neville y Brooks, 2022).

Para Kosmatka et Al., (2004) la resistencia a compresión es la resistencia máxima del concreto (probetas de concreto) a la carga axial, esta carga se puede expresar en distintas unidades tales como: libras por pulgada cuadrada (lb/pulg<sup>2</sup> o Psi), kilogramos por centímetros cuadrados (Kg/cm<sup>2</sup>), megapascales (MPa) a los 28 días. La resistencia del concreto a los 7 días alcanza al 75% de la resistencia, a los 28 días. Esta resistencia  $f_c$  está íntimamente relacionado a la proporción que existe entre el agua-cemento. En la figura 4, se puede apreciar la resistencia a compresión para un conjunto de mezcla de concreto y la proporción de agua-cemento a los 28 días de curado, también se aprecia el comportamiento de concreto ya que la resistencia tiende a aumentar con disminución de la proporción o relación de agua cemento.

**Figura 4:** Variación de resistencias típicas para relaciones agua-cemento



**Nota.** Reproducido de *Design and Control of Concrete Mixtures* (14th ed., p. 8), por S. H. Kosmatka, B. Kerkhoff, W. C. Panarese y C. Tanesi, 2004, Portland Cement Association.

- Resistencia a flexión

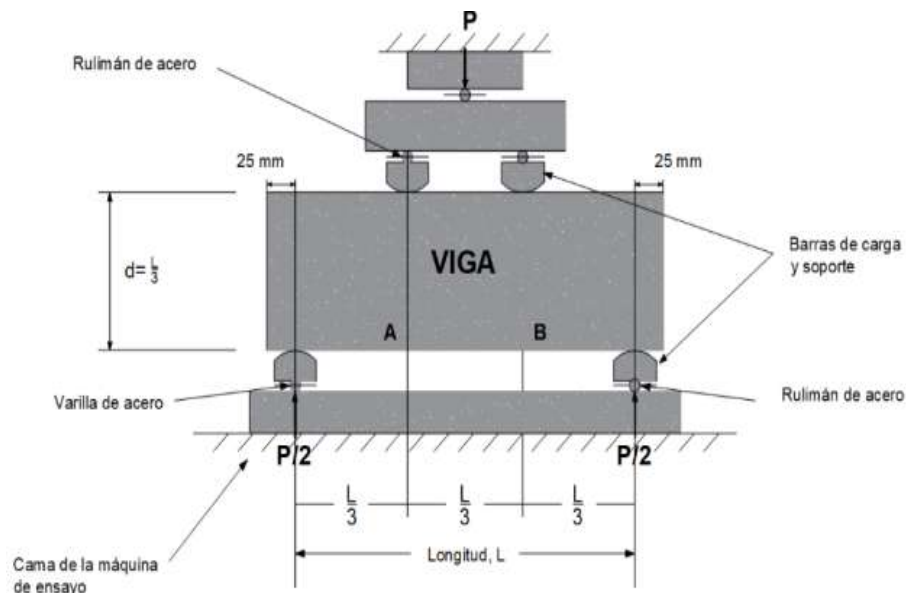
La resistencia a flexión es una de las propiedades importantes del concreto, puesto que mide la capacidad que tiene el concreto de resistir esfuerzo de tracción en la fibra externa, cuando se ejerce cargas transversales, este parámetro es trascendental para elementos como vigas, pavimento rígido y losas, donde los elementos estructurales trabajan principalmente a flexión (Mindess, Young y Darwin, 2019)

El ensayo de resistencia a flexión, también denominado como módulos de rotura (MR), permite medir la tensión máxima que es capaz de resistir la viga previa a la aparición de fisuras. De acuerdo a la norma ASTM C78M-21, se aplica carga en una viga prismática de apoyo simple, cuya dimensión es de 150mmx150mmx500mm, hasta que se genere la rotura. Para este tipo de ensayo se puede emplear carga central o a dos puntos; el método recomendado es aplicar carga a 1/3 del punto de apoyo, puesto que se ajusta más al comportamiento real que sufre el pavimento rígido. En cambio, la ASTM C293/C293M emplea carga central, el cual es útil para realizar estudios comparativos (ASTM International, 2021).

En el trabajo de investigación de Mashaan y Ouano (2025) destaca la incorporación de fibras de polímero reciclados como el HDPE, LDPE y PET en el concreto, puesto que incrementa la resistencia a flexión, además genera un impacto positivo en el medio ambiente, este enfoque es muy importante para que se pueda generar un pavimento rígido y ecológico

Según La Norma Técnica Peruana, el ensayo para determinar la resistencia a flexión se realiza empleando una viga prismática de apoyo simple, donde se somete a cargas aplicadas en los tercios del claro. La norma técnica peruana está relacionada con la ASTM C78/C78M, de esta manera garantiza la equivalencia internacional de los resultados obtenidos (INACAL, 2022).

**Figura 5:** *Ensayo a flexión de vigas de hormigón armado*



**Nota.** Reproducido de *Manual de tecnología del concreto* (p. 7), por Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Concreto, 2009.

- Resistencia a tracción

De acuerdo a la NTP 339.084 (2022) este método se da cuando se somete a una fuerza de compresión diametral en toda la longitud de la probeta de concreto, a una velocidad establecida, hasta que se dé la falla. La carga aplicada origina un esfuerzo de tracción en el plano bajo la carga y un ligero aumento de esfuerzo de compresión en el área donde se aplica la carga. En este ensayo ocurre la falla por tracción antes que ocurra una falla por compresión debido a que el área donde se aplica la carga se encuentra en un estado de compresión triaxial, lo cual genera que exista mayor esfuerzo a compresión que en un examen a compresión uniaxial.

Calcular

$$T = \frac{2P}{\pi LD}$$

Donde:

T: Resistencia a la tracción indirecta (MPa)

P: Máxima carga aplicada indicada por la máquina de ensayo (N)

L: longitud (mm)

D: Diámetro (mm)

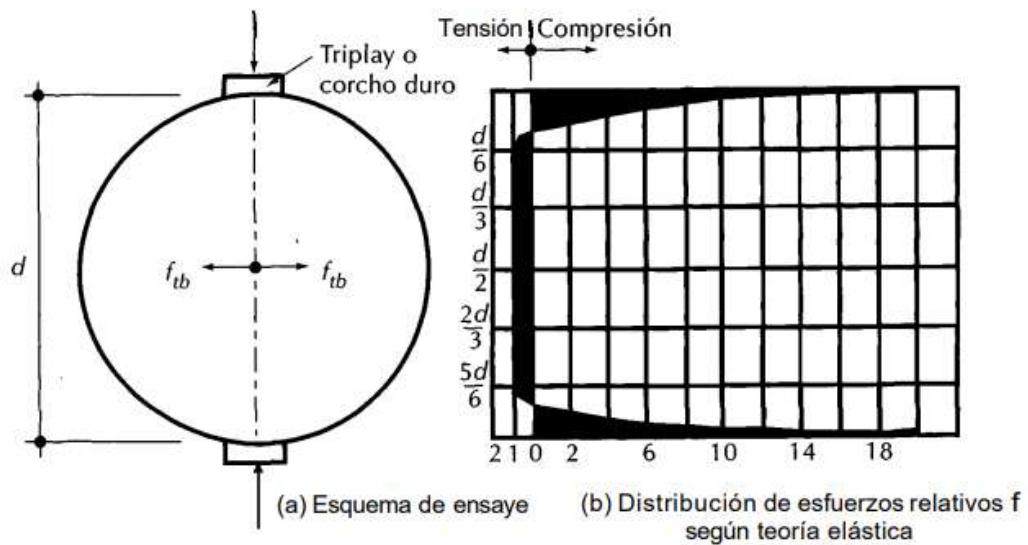
Para determinar la resistencia a tracción se tiene que someter a compresión a lo largo del diámetro de la probeta cilíndrica, para lo cual se tiene que ubicar horizontalmente entre las placas de una prensa, la carga origina tensión de tracción uniforme en todo el plano vertical que está en el eje de la probeta, generando fisuras y finalmente rotura del espécimen (INACAL, 2022).

Cuando el concreto es reforzado con fibras de polímeros reciclados, el ensayo a tracción permite evaluar como las fibras ayudan a redistribuir la tensión a tracción y retrasan la formación de grietas. De esta manera mejora la durabilidad y tenacidad del material, especialmente en el pavimento rígido (Huamán y Villanueva, 2023).

De acuerdo a Mehta y Monteiro (2014), el ensayo a tracción indirecta es un ensayo que refleja un comportamiento real del concreto, puesto que la carga sometida genera fisura interna progresiva, igual o similar a la que se genera en estructuras que son sometidas a esfuerzos de retracción y flexión

De acuerdo a Gowripalan y Gilbert (2020), la incorporación de fibras sintéticas recicladas mejora significativamente el comportamiento del concreto, puesto que actúa como refuerzo secundario capas de ralentizar la propagación de fisuras e incrementar la tenacidad del material, así mismo Tiwari y Singh (2023) afirma que adicionar fibras de polietileno de alta y baja densidad ayuda a incrementar la resistencia a tracción indirecta y aumenta la ductilidad del concreto en pavimentos rígidos.

**Figura 6:** Ensayo y distribución de esfuerzos en ensayo de tracción indirecta.



**Nota.** Reproducido de González (2005, p. 40).

#### 2.2.4. Pavimento

De acuerdo al MTC (2013) el pavimento está constituido por varias capas las cuales se encuentran sobre la subrasante, cuya función es la resistencia y distribución de los esfuerzos generados por los neumáticos de los vehículos, además genera buena condición de seguridad en el tránsito.

Generalmente el pavimento está constituido por: base, sub base y capa de rodadura.

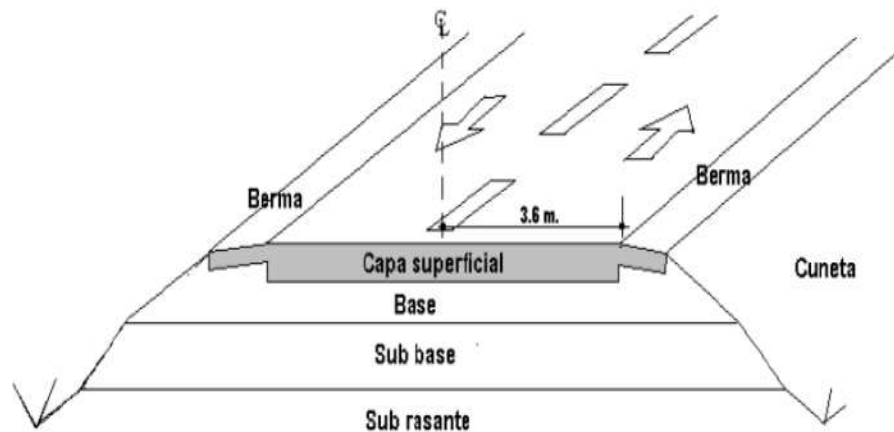
- Capa de rodadura: es la capa superior del pavimento que puede ser flexible, rígido y adoquinado cuya función principal es sostener el tránsito vehicular (MTC, 2013).
- Base: es la parte inferior de la capa de rodadura, cuya función es distribuir, sostener y transmitir la carga generada por el tránsito vehicular esta capa está conformado por material granular drenado ( $CBR \geq 80\%$ ) (MTC,2013).
- Sub base: está referido a la capa que presenta un material especificado y que además presenta un espesor de diseño, esta soporta la base y la carpeta. Esta capa tiene por finalidad (MTC,2013).

#### 2.2.5. Tipos de pavimentos

- Pavimento flexible: este tipo de pavimento está constituido por capas granulares (subbase, base) a de más presenta una capa de rodadura formada por material bituminoso (aglomerado, agregado) y en algunos casos se

emplea aditivos. Generalmente se emplea capa de rodadura asfáltica sobre la capa granular (mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, micropavimento, mezcla asfáltica en frío y caliente (MTC, 2013).

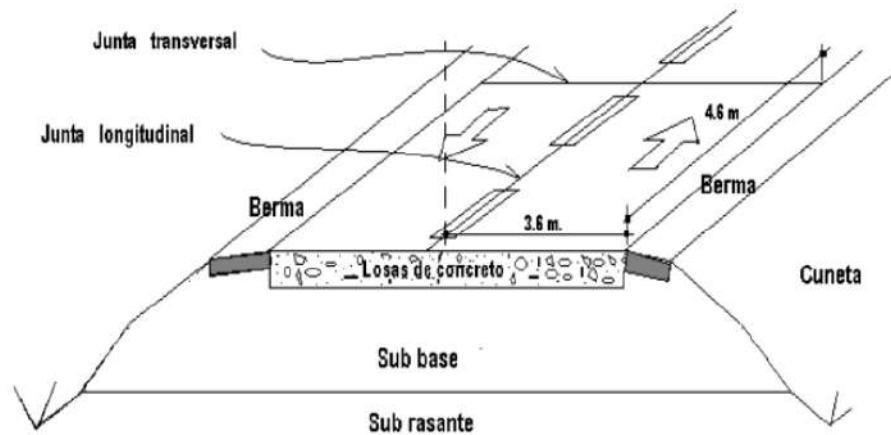
**Figura 7:** Estructura típica de un pavimento asfáltico (flexible)



**Nota.** Reproducido de Diseño de pavimento flexible y rígido (p. 22), por Programa de Ingeniería Civil, 2012.

- Pavimento semirrígido: Esta estructura está formado generalmente por múltiples capas asfálticas con un espesor total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto). Dentro de este grupo de pavimento está considerado aquellas estructuras formadas por carpeta asfáltica, sobre la base (base tratada con cemento o cal), además incluye pavimentos adoquinados (MTC, 2013).
- Pavimento rígido: Son pavimentos constituidos, por múltiples capas como subbase granular y la capa de rodadura de losa de concreto. La capa subbase granular puede ser de base granular, estabilizado asfáltico, cal o cemento. Dentro de este pavimento podemos encontrar tres categorías: pavimento de concreto simple conjunta, pavimento de concreto y refuerzo de acero en forma de fibra o malla y pavimento de concreto con refuerzo continuó (MTC, 2013).

**Figura 8:** Estructura típica de un pavimento rígido



**Nota.** Reproducido de Diseño de pavimento flexible y rígido (p. 22), por Programa de Ingeniería Civil, 2012.

#### 2.2.6. Daños en estructuras de pavimento rígido

La fisuración es una de las principales acusas de deterioro de pavimento, puesto que afecta íntegramente la losa, reduciendo la vida útil. Entre los más frecuente es la fisuración transversal, que se genera de manera perpendicular al eje de la vía y está relacionado con la retracción y gradiente térmico cuando no hay juntas dispuestas adecuadamente (ASTM International, 2018). La fisura longitudinal suele aparecer paralelo al eje de la calzada debido al movimiento diferenciales en la subrasante o por esfuerzos de tracción que se genera en el borde de la losa (Federal Highway Administration [FHWA], 2014).

Otro tipo de fisuras que usualmente se presenta son la fisuración en esquinas, que se da en el ángulo próximo a  $45^\circ$  el cual está relacionado a las cargas pesadas que se ubican en las esquinas, mal apoyadas con pérdida de soporte debido al bombeo (Huang, 2004). De forma similar la fisuración en bloque separa la losa en área de forma rectangular o cuadrada, generado por retracción del concreto, contracción térmica y por la inapropiada transferencia de carga (American Concrete Institute [ACI], 2016). Por último, se observa fisuración por fatiga debido a la carga pesada y repetitivo (PCA, 2018).

#### 2.2.7. Diseño de pavimento

El diseño de pavimento consiste en establecer el espesor y la composición estructural de las distintas capas que forma parte de una vía, para que soportar las cargas del tránsito y las condiciones medio ambientales a lo largo de la vida útil del pavimento. Principalmente existe dos tipos de pavimento: el pavimento flexible,

compuesto por múltiples capas granulares y mezcla asfáltica que distribuye de manera gradual los esfuerzos y el pavimento rígido compuesto por losa de concreto que distribuye la carga a las áreas más amplias debido a su alta rigidez (Huang, 2004).

En método más promocionado son el AASHTO 1993; que es de carácter empírico y el MEPDG (Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, 2008) donde combinan los modelos mecanicistas con calibraciones empírica (AASHTO, 1993, 2008). Para el pavimento rígido, también se utilizan enfoques generados por la Portland Cement Association (PCA, 2018), teniendo como referencia la resistencia a la fatiga del material. Para el diseño de pavimento los parámetros indispensables son el volumen de tránsito expresado en ejes equivalente, la capacidad que resiste la subrasante (CBR), las condiciones climáticas, las propiedades mecánicas de los materiales y periodo de diseño proyectado (AASHTO, 1993; Huang, 2004).

#### 2.2.8. Costo beneficio de los pavimentos

Quispe (2019) hace una comparación de pavimento de concreto con fibras y sin fibras de polipropileno, de este trabajo de investigación concluyo que existe un ligero aumento de 0.0998% por metro cuadrado cuando se adiciona fibras de polipropileno.

Según Boada y Pérez (2011) El costo de un pavimento en el suelo malo, empleando el método de PCA se reduce en un 15.34%, 9.53% y 4.07% cuando se emplea fibras de polipropileno, bolsas de leche y tiras de caucho respectivamente con respecto al costo de un pavimento de concreto sin fibras.

#### 2.2.9. Modelamiento de pavimento rígido.

Para el modelamiento de pavimento rígido con EverFE, se emplea la técnica de análisis estructural numérico que se basa en el método de elementos finitos tridimensionales esta se aplica a sistema de losas de concreto, base, subbase y la subrasante los cuales están articulados mediante juntas de dowels. El programa EverFE, simula condiciones reales de carga de eje, rueda, transferencia de carga en junta, efecto térmico y de soporte, para estimar tensiones, deflexión y deformación de manera precisa, cual contribuye al diseño, verificación estructural y la evaluación de la vida útil del pavimento (Davids, Turkiyyah, & Mahoney, 1998; EverFE Theory Manual, n.d.; Das, 2025).

### 2.3. Marco conceptual

- Concreto: Según la Norma Técnica Peruana (NTP E.060, 2019) el concreto resulta de la mezcla del cemento portland u otro tipo de cemento con agregado fino, grueso y agua, empleando o no aditivos.
- Agregado fino: Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.012,2021) el agregado fino es la que queda retenido en el tamiz normalizado 9.5mm (3/8 pul), la cual se origina de la desintegración natural o artificial de la roca.
- Agregado grueso: Norma Técnica Peruana (NTP 400.37,2018) es el agregado que queda retenido en el tamiz N°. 4, esta se origina de la desintegración natural o artificial del material rocoso.
- Cemento portland: Norma Técnica Peruana (NTP 334.001,2022) es producido por la pulverización del Clinker de portland, lo cual es un compuesto importante del silicato de calcio hidráulico, además contiene una o varias formas de sulfato de calcio como ingrediente durante la molienda.
- Slump: Norma Técnica Peruana (NTP 339.035,2015) es una técnica que se emplea para medir el asentamiento del concreto fresco, previa colocación del concreto al molde (forma cónica) y compactación con una barrilla.
- Módulo de elasticidad: Según la Norma Técnica Peruana (NTP E.060, 2019) el módulo de elasticidad resulta del producto del peso unitario normal y la raíz cuadrada de la resistencia a compresión.
- Trabajabilidad: La trabajabilidad es una característica del concreto fresco, ya que ayuda a mezclar, consolidar y colocar el concreto fresco.
- Peso unitario: Según la Norma Técnica Peruana (NTP 400.017, 2011) el peso unitario resulta de dividir el peso del agregado (partícula seca) entre el volumen.
- Temperatura: Según la Norma Técnica Peruana (NTP 339.184, 2018) este método se emplea para determinar la temperatura del concreto fresco.
- Exudado: La Norma Técnica Peruana (NTP 339.077, 2018) determina el procedimiento para calcular la cantidad de agua exudada a partir del concreto fresco.
- Polímero: Los polímeros están constituidos por múltiples unidades moleculares los cuales están asociados por enlace covalentes.
- Polipropileno (PP): El polipropileno es un hidrocarburo artificial cuya fibra se obtiene por proceso extracción.
- Polietileno de alta densidad (HDPE): El polietileno de alta densidad es moldeable que otros polietilenos y se puede obtener por el método de

radicales libres, donde se puede emplear algunos metales de transición con catalizadores.

- Polietileno de baja densidad (LDPE): El polietileno de baja densidad es un tipo de polímero que presenta estructura lineal y ramificaciones laterales cortas.
- Pavimento: La Norma Técnica Peruana (NTP CE. 010, 2010) son estructuras que están constituidos por múltiples capas, los cuales se encuentran apoyadas sobre el terreno previamente acondicionado.
- Pavimento rígido: Según La Norma Técnica Peruana (NTP CE. 010, 2010) el pavimento rígido son pavimentos de concreto simple, reforzado que presentan juntas.
- Rasante: Según La Norma Técnica Peruana (NTP CE. 010, 2010) se encuentra en la parte superior del pavimento terminado
- Base: De acuerdo a La Norma Técnica Peruana (NTP CE. 010, 2010) es la capa granular, suelo estabilizado, concreto asfáltico o concreto hidráulico que sirve como elemento estructural del pavimento.
- Sub base: Según La Norma Técnica Peruana (NTP CE. 010, 2010) la sub rasante se encuentra en el nivel inferior del pavimento, teniendo la misma orientación que la rasante.
- Resistencia a compresión: Según La Norma Técnica Peruana (NTP 339.034, 2021) la resistencia a compresión es un ensayo que consiste en someter cargas axiales de compresión a una muestra cilíndrica de concreto. Cuya resistencia se calcula dividiendo la carga máxima obtenida durante el ensayo entre el área.
- Resistencia a flexión: Según La Norma Técnica Peruana (NTP 339.078, 2017) “Este método de ensayo consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de este no mayor del 5 % de la luz libre” (p.2).
- Resistencia a tracción: Según La Norma Técnica Peruana (NTP 339.084, 2022) “Consiste en la aplicar una fuerza de compresión diametral a toda la longitud de un espécimen cilíndrico de concreto, a una velocidad prescrita, hasta que ocurra la falla”.

### **3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Enfoque**

El enfoque de la investigación es cuantitativo, porque se evaluó el comportamiento que produce las fibras de polímeros (HDPE, LDPE y PP) en las propiedades plástica y mecánicas del concreto. La parte experimental se llevó a cabo en los laboratorios donde se recolectó los datos en los formatos estándares, luego se contrastó las hipótesis y finalmente se llegó a concluir.

#### **3.2. Alcance**

El trabajo de investigación es explicativo, porque explicó la influencia que tiene las fibras de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y el polipropileno (PP) en el comportamiento plástico y mecánico del concreto de resistencia  $f'c=280\text{kg/cm}^2$ .

#### **3.3. Diseño de investigación**

La investigación desarrollada es de tipo experimental.

#### **3.4. Población y muestra**

##### **3.4.1. Población**

La población lo constituyó las probetas cilíndricas (150mm de diámetro y 300mm) y vigas prismáticas (150mmx150mmx600mm) de concretos sin fibras y los que están reforzados con fibras de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y el polipropileno (PP) a diferentes dosificaciones (0.5%,1%,1.5%) que tienen una resistencia a compresión  $f_c=280\text{kg/cm}^2$

##### **3.4.2. Muestra**

La muestra estuvo constituida por 09 probetas sin refuerzo y 81 probetas reforzadas con fibras de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y el polipropileno (PP) para el ensayo a compresión. Mientras que para el ensayo a flexión se empleó 12 vigas de 150mmx150mmx600mm, para el ensayo a tracción se utilizó 12 probetas cilíndricas de 150mm de diámetro y 300mm de altura.

### **3.5. Hipótesis**

#### **3.5.1. Hipótesis general**

Al adicionar las fibras de polímeros artificiales reciclados (HDPE, LDPE y PP), si influye en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto pesado en el pavimento rígido.

#### **3.5.2. Hipótesis específicas**

1. Las fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE y PP) si influyen en el comportamiento plástico del concreto pesado.
2. Las fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE y PP) a diferentes dosificaciones si influyen en el comportamiento mecánico (compresión, flexión y tracción) de concreto pesado.
3. El costo de un pavimento pesado empleando fibra de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y el polipropileno (PP) es más económico que un pavimento convencional.

### 3.6. Operacionalización de variables, definición conceptual y operacional

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>Independiente</b>					
Fibras de polímero (HDPE, LDPE y PP)	Los polímeros están constituidos por un conjunto de unidades simples y repetitivas. Esta repetición puede ser lineal parecido a la cadena o ramificada, interconectadas formando estructuras reticulares tridimensionales	Las fibras de polímeros ayudan en gran medida a mejorar la características físicas y mecánicas del concreto, puesto que aumenta la resistencia a flexión y fatiga	Propiedades físicas y mecánicas de las fibras de polímero (HDPE, LDPE y PP)	Dosis de fibras (0,0.5%,1%,1.5%) Durabilidad Flexibilidad Densidad Estabilidad térmica resistencia	Ficha de fabricación
<b>Dependiente</b>					
Propiedades pasticas, mecánicas y costo de pavimento rígido	El concreto posee diferentes propiedades, esto se da cuando hay disminución gradual de la fluidez y manejabilidad, existen tres etapas fundamentales; en la primera el concreto es un material blando y maleable, la segunda etapa es el tiempo de fraguado, donde aumenta progresivamente la rigidez y la tercera etapa corresponde al endurecimiento.	Las fibras de polímeros (HDPE, LDPE y PP) modifican las propiedades plásticas y mecánicas del concreto, puesto que disminuye en un 50% y 25% el asentamiento y contenido de aire respectivamente, en cambio aumenta la resistencia a compresión, flexión y tracción	Propiedades plásticas  Propiedades mecánicas	Trabajabilidad Temperatura Exudado  Resistencia a compresión Resistencia a flexión Resistencia a tracción	Formato de laboratorio de acuerdo a NTP  Formato de laboratorio de acuerdo a NTP

Variable independiente

- Fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE y PP) y dosificación

Variable dependiente

- Propiedades plásticas (trabajabilidad, temperatura, exudado)
- Resistencia mecánica (compresión, flexión, tracción)
- Costo de pavimento

### **3.7. Técnicas e instrumentos**

#### 3.7.1. Técnicas de recolección de datos

Para este trabajo de investigación se empleó la técnica de la observación, donde los datos obtenidos se plasmaron en formatos estándares del laboratorio debidamente acreditado. Además, se tuvo en cuenta la disposición de la Norma Técnica Peruana, la Norma Internacional ASTM, que está relacionado con la investigación que se llevará a cabo.

#### 3.7.2. Instrumento de recolección de datos

Para la recolección de datos se empleó los siguientes formatos:

- Formato estándar de diseño de mezcla
- Formato de recolección de datos de las propiedades plásticas del concreto.
  - Formato de recolección de asentamiento NTP 339.035.
  - Temperatura NTP 339.184
  - Exudado NTP 339.077
- Formato de recolección de datos de las propiedades mecánicas del concreto
  - Resistencia a la compresión NTP 339.034
  - Resistencia a la flexión de concreto (viga) con apoyo simple sometido a una carga a 1/3 del tramo NTP 339.078
  - Resistencia a la tracción mediante la compresión diametral NTP 339.084

### **3.8. Técnicas estadísticas para el procesamiento de la información**

Las técnicas estadísticas que se empleó para el trabajo de investigación fueron:

- Los gráficos estadísticos: Donde se utilizó barras, diagrama de dispersión y las líneas de tendencia, S10 para análisis de costo unitario.
- Para el análisis estadístico descriptivo se calculó: donde se calculará promedio, media, desviación estándar y varianza.
- Análisis de varianza (ANOVA).

### 3.9. Desarrollo del trabajo de tesis

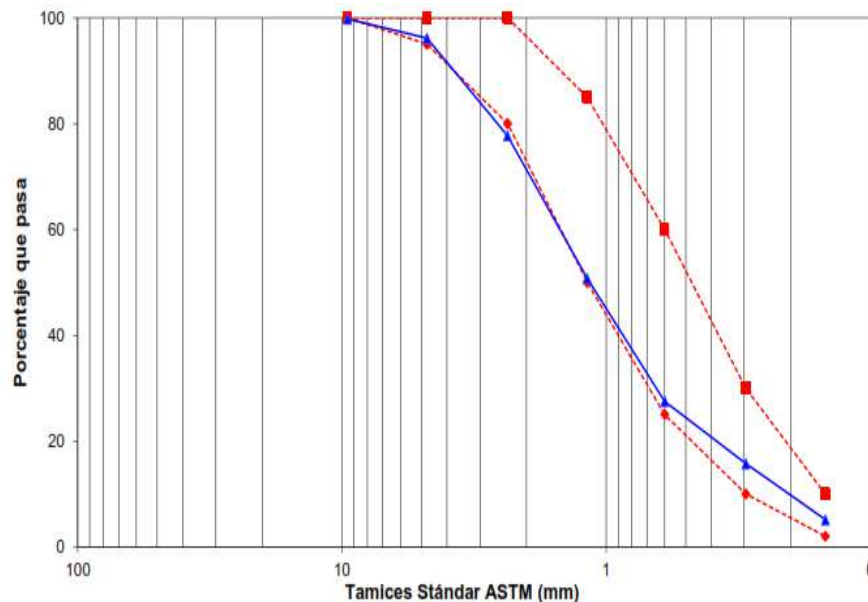
Los materiales que se utilizaron en la dosificación del concreto pesado fueron lo siguiente: arena fina, arena gruesa, cemento tipo 01, fibras de polímeros (HDPE, LDPE, PP) y agua.

#### 3.9.1 Materia

- Arena fina

En el diseño de mezcla se utilizó arena fina proveniente de la cantera “La Moderna”. La cantera está ubicada en el departamento de Ayacucho, provincia de Huamanga y distrito de Pacaicasa y Santiago de Pischa a unos 22.5km de la ciudad de Ayacucho. Se extrajo aproximadamente 350kg luego fue trasladado al laboratorio para ser lavado y secado. Posteriormente se realizaron ensayos de laboratorio para obtener lo siguiente: módulo de fineza de 3.37, peso unitario suelto seco  $1701\text{kg/m}^3$ , peso unitario compacto seco  $1796.80\text{g/m}^3$ , porcentaje de absorción 2.97%, contenido de humedad de 1.29% y peso específico de  $2.76\text{g/cm}^3$ .

**Figura 9:** Curva de granulometría de agregado fino



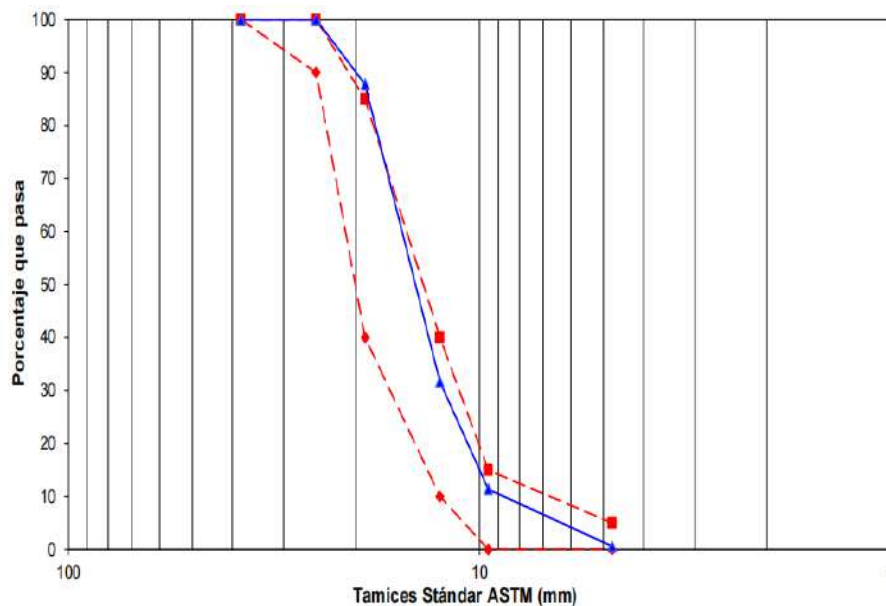
Fuente: propia

- Arena gruesa

Para realizar el diseño de mezcla se utilizó arena gruesa proveniente de la cantera “La Moderna”. Esta cantera está ubicada en el departamento de Ayacucho, provincia de Huamanga y distrito de Pacaicasa y Santiago de Pisca a unos 22.5km de la ciudad de Ayacucho. Se extrajo aproximadamente 370kg luego fue trasladado al laboratorio para ser lavado y secado.

Posteriormente se realizaron ensayos de laboratorio para obtener lo siguiente: tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ ”, peso unitario suelto seco  $1440\text{kg/m}^3$ , peso unitario compacto seco  $1527\text{g/m}^3$ , porcentaje de absorción 2.24%, contenido de humedad de 1.67% y peso específico de  $2.66\text{g/cm}^3$ .

**Figura 10:** Curva de granulometría de agregado grueso



Fuente: propia

- Cemento de tipo 01

En cemento que se empleó en el trabajo de investigación fue el cemento andino tipo 01, esta proviene desde el departamento de Junín, provincia de Tarma específicamente de Condorcocha que está a una altitud de 3900msnm.

Esta cementera está a cargo de la empresa Unión Andina de Cementos S.A.A.(UNACEM).

- fibras de polímeros (HDPE, LDPE, PP)  
las fibras que se emplearon en el trabajo de investigación fueron fibras reciclados de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y el polipropileno (PP)
  - Polietileno de alta densidad (HDPE)  
Las fibras de Polietileno de alta densidad (HDPE) se extrajo de envases de refrigerante del radiador Fortalum extra life, las características son:
    - ✚ resistencia química: presenta elevada resistencia al etilenglicol
    - ✚ durabilidad: confiere resistencia al impactos y tracción.
    - ✚ Ligereza: el material es fácil de manipular y es liviano.
    - ✚ Reciclable: es reciclable y contribuye de manera positivamente a la sostenibilidad.
- Las fibras de Polietileno de alta densidad (HDPE) se extrajo del envase de refrigerante del radiador Fortalum extra life.

**Figura 11:** *Fibras de polietileno de alta densidad reciclado (HDPE)*



Fuente propia

- Polietileno de baja densidad (LDPE)  
Las fibras de polietileno de baja densidad (LDPE), se obtuvo de plásticos comerciales, las características de estos polímeros son:

- ✚ Densidad: las bolsas plásticas tienen una densidad que oscila entre 0.910–0.940 g/cm<sup>3</sup>
- ✚ Flexibilidad: la flexibilidad es alta
- ✚ Temperatura de fusión: la temperatura de fisión es aproximadamente de 105-115 °C
- ✚ Resistencia química: tiene buena resistencia a ácidos diluidos y bases.

Las fibras de Polietileno de baja densidad (LDPE), se extrajo de plásticos de uso comercial, para realizar el trabajo de investigación.

**Figura 12:** *Fibras de polietileno de baja densidad reciclado (LDPE)*



Fuente propia

- Polipropileno (PP)

Las fibras de polipropileno (PP), se extrajo del envoltorio de ensayos de Elisa, los cuales tienen las siguientes características:

- ✚ Resistencia química: presenta alta resistencia a ácidos y base débil.
- ✚ Resistencia mecánica: confiere alta resistencia a tracción y desgarró
- ✚ Propiedades hidrofóbicas: tiene la capacidad de repeler agua y evita a absorción excesiva.
- ✚ Estabilidad térmica: es un material que es estable hasta los 130-160°C

**Figura 13:** *Fibras de polipropileno reciclado (PP)*



Fuente propia

Las fibras de polipropilenos (PP) se obtuvo de envoltorios de ensayos de Elisa, el cual es de material termoplástico resistente, que está constituido de fibras y nano fibras.

- Agua

El agua que se utilizó en el diseño de mezcla y en la preparación de las probetas fue agua potable ya que la norma técnica peruana NTP 399.088 nos permite emplear.

### 3.9.2 Etapa Experimental

#### 3.9.2.1. Diseño de mezclas

Este trabajo de investigación se llevó a cabo en el laboratorio "V.G. GEOTECNIA & INGENIERIA SAC". Previo al diseño de mezcla se obtuvo los siguientes datos como: Tamaño máximo nominal, Módulo de fineza, contenido de humedad, peso específico y peso unitario, una vez obtenido los resultados se procedió a realizar el diseño de mezcla.

Para el diseño de mezcla de concreto pesado ( $f_c=280\text{kg/cm}^2$ ) se tuvo que realizar cálculos para obtener proporciones exactas de cemento, agua, agregado gruesa, agregado fino y polímeros (HDPE, LDPE, PP).

El primer diseño, llamado diseño base no presenta ninguna fibra, mientras que los 9 diseños presentan fibras de polímeros (HDPE, LDPE, PP) de 0.5%, 1% y 1.5%

### 3.9.2.2. Proceso de mezcla

Previo al proceso de mezclado los agregados finos, grueso, fibras de polímeros, cemento y agua estaban debidamente acondicionado (limpios y secos). La dosificación de los materiales estaba en proporción acorde al diseño de mezcla.

El proceso de mezclado se realizó en seco entre el agregado fino(arena), agregado grueso(grava) en la mezcladora, este proceso se hizo aproximadamente entre 30 y 60 segundos hasta lograr una distribución homogénea, luego se procedió a adicionar de manera gradual las fibras de polímeros (HDPE, LDPE, PP) dependiendo al diseño. Posteriormente se agregó agua en la proporción requerida a la mezcla, el mezclado continuo por 2 a 3 minutos, hasta percibir que las fibras de polímero bien distribuidas.

**Figura 14:** *Proceso de mezclado con las fibras de polímeros*



Fuente propia

### 3.9.3. Ensayos

#### 3.9.3.1. Propiedades plásticas del concreto

- Trabajabilidad

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 339.035,2015) la trabajabilidad está relacionado con la facilidad de mezclar, transporte, colocación y compactación, en una mezcla fresca, sin que altere la homogeneidad. En nuestro país la trabajabilidad se mide con el ensayo de asentamiento (Método de cono de Abrams).

Previo al ensayo se tuvo que humedecer y asegurar que el molde este firme, luego se procedió el llenado de la primera capa de aproximadamente 10cm, donde se compacto con 25 golpes verticales con una varilla de 600 mm de longitud y 16mm de diámetro, este procedimiento se realizó hasta formar tres capas. Posteriormente se realizó el rasado con la misma varilla, luego se procedió al levantamiento del molde en un tiempo de 5 a 10 seg. finalmente se procedió a medir la diferencia entre la altura del modele (300mm) y la parte más alta del concreto.

**Figura 15:** *Ensayo de trabajabilidad (Slump).*



Fuente propia

- Temperatura

Según la Norma Técnica Peruana (NTP 339.053, 2017) la temperatura del concreto debe oscilar entre 10°C y 32 °C durante el preparación y transporte del concreto. Controlar la temperatura es importante puesto que influye en el fraguado, resistencia, durabilidad y en la calidad del concreto.

Para medir la temperatura, primeramente, se tuvo que recolectar concreto en un molde limpio, luego se insertó el termómetro aproximadamente 75mm dentro del concreto fresco, transcurrido los 2 a 5 min se realizó la lectura.

**Figura 16:** *Medición de la temperatura del concreto con fibras de polímeros*



Fuente propia

- Exudado

El exudado se genera cuando una parte del agua de la mezcla asciende o sube a la parte superficial del concreto fresco, este fenómeno ocurre puesto que el cemento y concreto tiende a descender, como consecuencia desplaza al agua hacia la parte superior. Si no se controla el exudado puede ocasionar debilitamiento de la capa superior, esto conlleva a problema en la adherencia y afecta en gran medida la durabilidad del concreto posteriormente.

Para realizar este ensayo primeramente se llenó el recipiente con mezcla fresca y se compactó con la ayuda de una varilla de 600mm de longitud y 16mm de diámetro, seguidamente este procedimiento se repitió hasta formar las dos capas. El recipiente se colocó en una superficie plana donde no hubo vibración.

Una vez formado las dos capas se encendió el cronometro, cada 10 min de extrajo agua de la parte superficial del recipiente este procedimiento se realizó hasta que ya

no se observó agua en los dos intervalos seguidos. Los volúmenes de agua extraído se midieron y se registró.

**Figura 17:** *Medición del exudado*



Fuente propia

### 3.9.3.2. Propiedades mecánicas del concreto

- Resistencia a compresión

Para calcular la resistencia a compresión se tiene que someter a carga axial de forma creciente hasta que se produzca la falla en la probeta cilíndrica, la resistencia a compresión se determina dividiendo la carga máxima entre el área transversal de la probeta.

Este ensayo se realizó sobre probetas cilíndricas de 150 mm de diámetro y 300 mm de altura, teniendo como referencia la Norma técnica peruana (NTP). Para evaluar esta propiedad se procedió a preparar 10 diseños, el primer diseño consta de 9 probetas el cual no presenta ningún tipo de fibra, para los nueve diseños se preparó 81 probetas distribuidos de la siguiente manera:

- ✚ Para el segundo, tercero y cuarto diseño se preparó 27 probetas con fibras de HDPE al 0.5%,1% y 1.5%
- ✚ Para el quinto, sexto y séptimo diseño se preparó 27 probetas con fibras de LDPE al 0.5%,1% y 1.5%
- ✚ Para el octavo, noveno y décimo diseño se preparó 27 probetas con fibras del PP al 0.5%,1% y 1.5%

una vez preparado y curado las probetas se procedió a realizar la rotura a los 14, 21 y 28 días, donde se registró fecha del molde, carga máxima aplicada y resistencia calculada.

**Figura 18:** *Ensayo a resistencia a compresión*



Fuente propia

- **Resistencia flexión**

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP 339.078, 2022) “Este método de ensayo consiste en aplicar una carga en los tercios de la luz de la viga hasta que ocurra la falla. El módulo de rotura se calculará, según la ubicación de la falla: dentro del tercio medio o a una distancia de este no mayor del 5 % de la luz libre” (p.2).

Para evaluar la resistencia a flexión se preparó 12 vigas prismáticas de 150mm x 150mm x 600mm, de los cuales 3 vigas no tenían fibras de polímero, mientras que los 9 presentaron fibras de polímero dispuestos de la siguiente manera: 03 vigas

prismáticas con fibras de HDPE al 1%, 03 vigas prismáticas con fibras de LDPE al 1% y 03 vigas prismáticas con fibras del PP al 1%

una vez preparado y curado las vigas prismáticas transcurrido los 28 días se procedió a realizar el ensayo, la viga se colocó en dos apoyos a 400mm entre centros, posteriormente se aplicó la carga en dos puntos simétricos a un tercio del claro, en este ensayo la carga aplicada fue continua, con una velocidad de 0.06Mpa/s.

finalmente se procedió a registrar la carga las dimensiones de la viga, edad, carga máxima.

**Figura 19:** *Ensayo a resistencia a flexión*



Fuente propia

- **Resistencia tracción**

Esta propiedad está vinculada con la resistencia que tiene el concreto al alargamiento y separación. El concreto usualmente es fuerte a la compresión, mientras que a la tracción es frágil y débil, por esta razón es importante realizar un buen diseño de los elementos estructurales, fundamentalmente en losas, vigas y muros que son sometidas a flexión (Neville, 2022).

Para evaluar la resistencia tracción se realizó 12 probetas cilíndricas de 150mm de diámetro y 300 mm de altura, de estas 03 probetas no tenían fibras de polímero, mientras que los 09 presentaron fibras de polímero dispuestos de la siguiente manera: 03 probetas cilíndricas con fibras de HDPE al 1%, 03 probetas cilíndricas con fibras de LDPE al 1% y 03 probetas cilíndricas con fibras del PP al 1% una vez preparado, curado y transcurrido los días 28 se procedió a realizar el ensayo, la probeta se colocó en forma horizontal, luego se procedió a aplicar la carga de manera continua y creciente hasta que ocurra la falla. La falla generada por tracción es perpendicular a la carga que se utilizó.

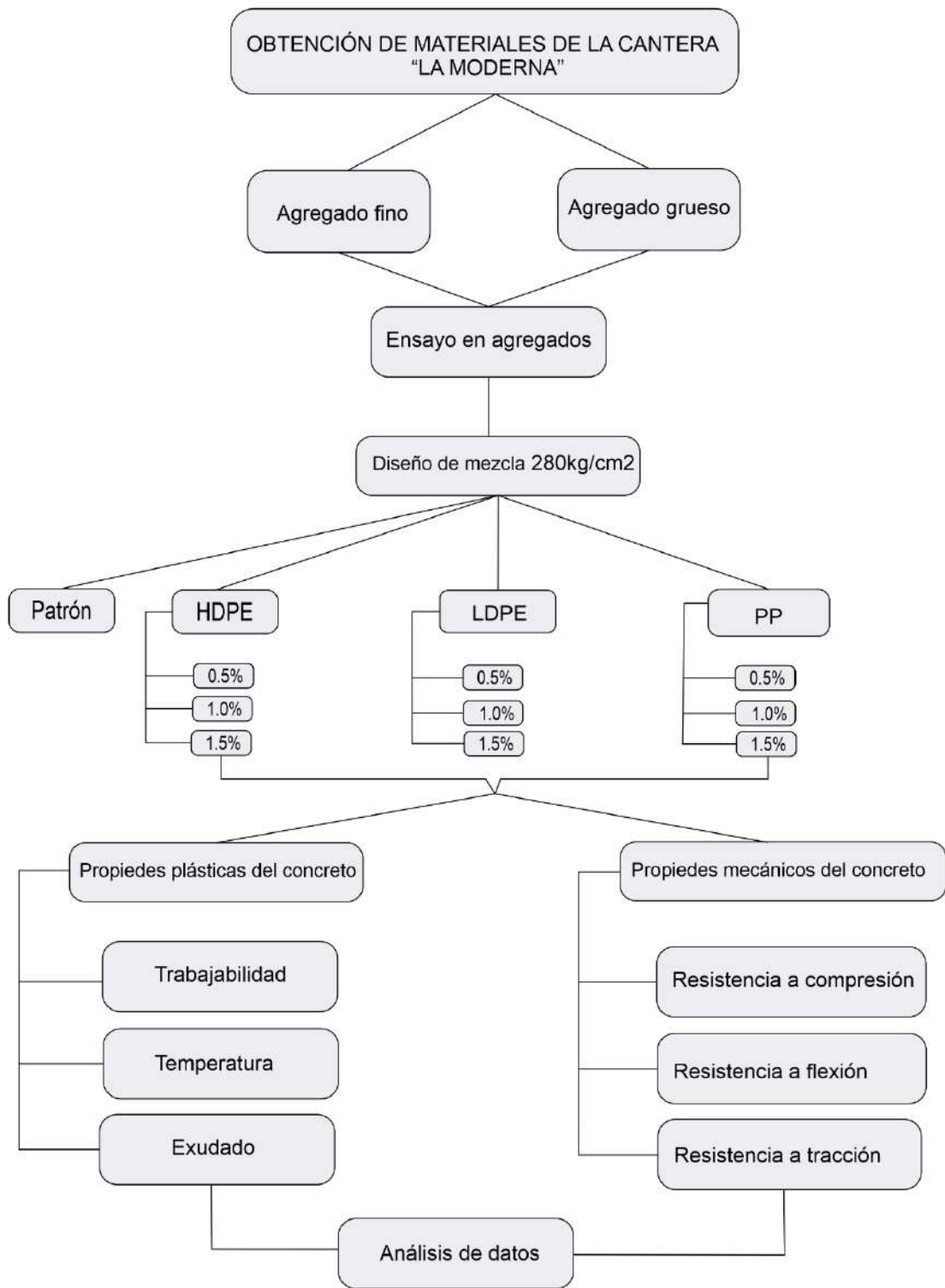
Posteriormente se procedió a registrar las dimensiones de la probeta (D y L), la carga máxima, edad, carga máxima y ubicación de la falla.

**Figura 20:** *Ensayo a resistencia a tracción indirecta*



Fuente propia

Figura 21: Flujograma de desarrollo del trabajo de tesis



Fuente propia

#### 4.- RESULTADOS

Para el presente trabajo de investigación se realizaron ensayos físicos y mecánicos, en los ensayos físicos se pudo evaluar la trabajabilidad, temperatura y exudado del concreto. Para el ensayo mecánico a compresión se realizaron 90 probetas de concreto de los cuales 9 probetas no tenía fibra, 81 probetas estaban reforzadas con fibras de polímero (HDPE, LDPE, PP) con dosificación de 0.5%, 1% y 1.5%. Mientras que para el ensayo a flexión se empleó 12 vigas prismáticas, finalmente 12 probetas cilíndrica para el ensayo a tracción.

Al realizar los ensayos plásticos respecto a la trabajabilidad se pudo apreciar que existe una ligera disminución del slump a medida que la proporción de fibras de polímeros (HDPE, LDPE, PP) aumenta, esta variación se evidencio más en las fibras de polipropileno (PP) al 1.5% donde la diferencia con el slump de patrón (sin fibra) fue de 1.2plg. Con relación a la temperatura y el exudado también existe una ligera disminución de 0.9°C y 7.1ml a dosificación de 1.5% de HDPE y PP respectivamente, respecto a la muestra patrón (sin fibra).

Al realizar el ensayo a compresión se pudo determinar que la dosificación óptima fue de 1% para polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP), donde se aprecia un ligero incremento en la resistencia del concreto. De las tres fibras empleadas en el concreto, el polipropileno tuvo mayor resistencia respecto a la muestra patrón (sin fibra) llegando a 0.8MPa, 0.75MPa y 0.76MPa a los 14,21 y 28 días respectivamente.

En el ensayo a resistencia a flexión a dosificación óptima transcurrido los 28 días de curado se pudo apreciar un incremento para polímeros de alta densidad (HDPE), baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP) de 0.8MPa, 0.10MPa y 1.20MPa respectivamente, respecto al patrón (sin fibra). En el ensayo a resistencia a tracción a dosificación óptima transcurrido los 28 días de curado se pudo apreciar un incremento para polímeros de alta densidad (HDPE), baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP) de 0.52MPa, 0.40MPa y 0.60MPa respectivamente, respecto al patrón (sin fibra).

Al realizar el análisis de costo unitario de los pavimentos con fibras de HDPE, LDPE y PP, se observó un incremento de 0.217%, 0.163% ,0.235% respecto al costo del pavimento convencional

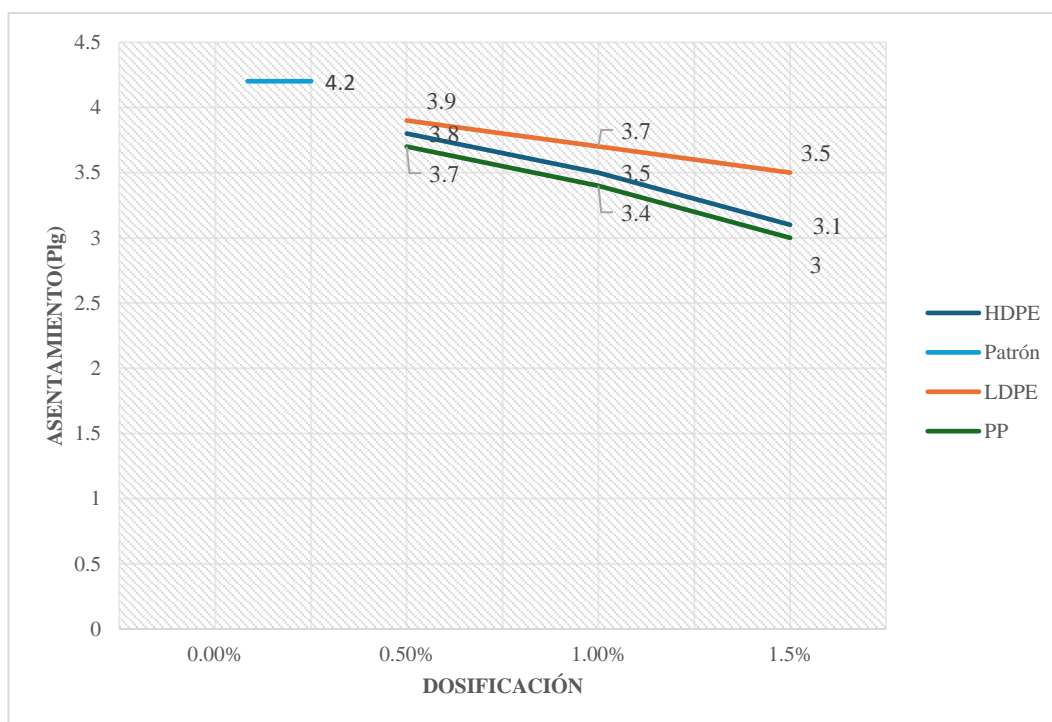
#### 4.1. Propiedades plásticas del concreto

**Tabla 3:** Asentamiento de concreto fresco(plg) con distintas proporciones y fibras de polímero (HDPE, LDPE, PP), incluido el patrón (sin fibra).

Fibras de polímeros	Asentamiento en plg			
	0.0%	0.50%	1%	1.50%
HDPE	-	3.8.	3.5	3.1
LDPE	-	3.9	3.7	3.5
PP	-	3.7	3.4	3
Patrón	4.2	-	-	-

**Nota.** Elaboración propia. El asentamiento del concreto fresco se reduce gradualmente a medida que se incrementa las fibras de polímeros.

**Figura 22:** Asentamiento de mezcla fresca a diferentes dosificaciones con fibras de polímeros reciclados y mezcla patrón.



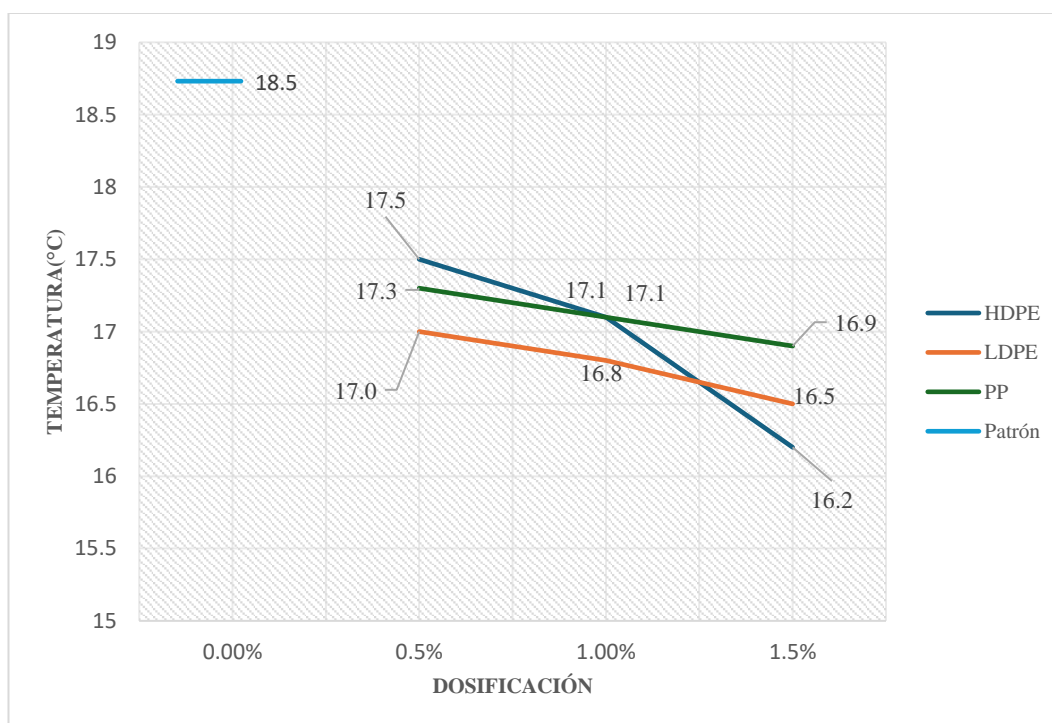
Fuente propia

**Tabla 4:** Temperatura de concreto fresco(°C) con distintas proporciones y fibras de polímero (HDPE, LDPE, PP), incluido el patrón (sin fibra).

Fibras de polímeros	Temperatura (°C)			
	0.00%	0.5%	1.00%	1.5%
HDPE	-	17.5	17.1	16.7
LDPE	-	17.2'	17.0	16.8
PP	-	17.3	17.1	16.9
Patrón	17.6	-	-	-

**Nota.** Elaboración propia. Se aprecia una ligera disminución de la temperatura, especialmente de la mezcla con HDPE y LDPE con relación a la mezcla patrón (sin fibra).

**Figura 23:** Temperatura de mezcla fresca a diferentes dosificaciones con fibras de polímeros reciclados y mezcla patrón.



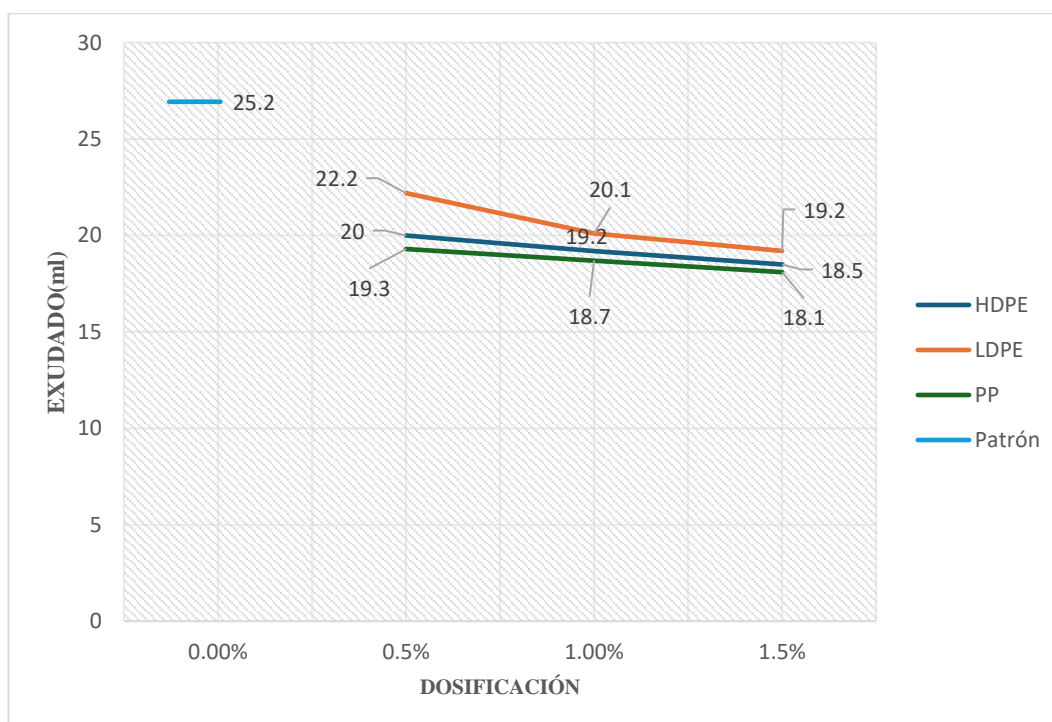
Fuente propia

**Tabla 05:** Exudado de concreto fresco(ml) con distintas proporciones y fibras de polímero (HDPE, LDPE, PP), incluido el patrón (sin fibra).

Fibras de polímeros	Exudado del concreto (ml)			
	0.0%	0.5%	1.0%	1.5%
HDPE	-	20	19.2	18.5
LDPE	-	22.2	20.1	19.2
PP	-	19.3	18.7	18.1
Patrón	25.2	-	-	-

**Nota.** Elaboración propia. Se aprecia la disminución de exudado a medida que aumenta el porcentaje de fibra, con relación a la mezcla patrón (sin fibra).

**Figura 24:** Exudado de mezcla fresca(ml) a diferentes dosificaciones de fibras de polímeros reciclados y mezcla patrón.



Fuente propia

#### 4.1.1. Análisis de las Propiedades plásticas del concreto

En los ensayos realizados en el trabajo de investigación se puede observar que existe disminución progresiva del slump a medida que se incrementa el porcentaje de polímeros (HDPE, LDPE y PP) al realizar la contrastación con otras investigaciones se obtuvo resultados parecidos, esto nos orienta a realizar un análisis coherente de los datos obtenidos. Las fibras de polipropileno (PPG) a dosificación de 0.5%, 1.0% y 1.5% en peso de fibra redujo el asentamiento en 22.9%, 57.1% y 85.7% respecto al hormigón simple, mientras que el hormigón reforzado con fibras de polipropileno (PPW) redujo el asentamiento en 4,3 %, 31,4 % y 62,9 % (Malek et al., 2020).

En otra investigación el concreto reforzado con fibras de polietileno de alta densidad (HDPE) con una proporción de 0.4% redujo entre un 20% y 35%, esto se debe a la flexibilidad de las fibras que reduce la resistencia de los áridos (Flores Nicolás et al., 2024). En los ensayos realizados en el trabajo de investigación se puede observar que existe disminución progresiva del slump a medida que incrementa el porcentaje de polímeros (HDPE, LDPE y PP) al realizar la contrastación con otras investigaciones se obtuvo resultados parecidos, esto nos orienta a que el análisis realizado es coherente. Con relación a la temperatura las fibras de polipropileno (PP) de Chema Fibra Ultrafina a proporciones de 200, 300 y 400 gr/m<sup>3</sup> en el diseño de mezcla de 175, 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, no afectó de manera significativa en la temperatura de la mezcla (Armas Aguilar, 2022). Algunos concluyen que no existe variación con respecto a la temperatura cuando se adiciona fibras de polipropileno a la mezcla (López, 2014). Mientras que otros investigadores manifiestan manifiestas que la temperatura de la mezcla tiende a incrementar a medida que aumenta la dosificación (Camacho Pampamallco & Espinoza Ingaruca, 2023). En el trabajo realizado la temperatura de la mezcla fresca al adiciona fibras de polímeros (HDPE, LDPE y PP). Tiende a disminuir ligeramente con respecto a la mezcla patrón (sin fibra), estos datos obtenidos guardan relación con otras investigaciones donde consideraron la temperatura como parámetro. La presencia de fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE y PP) reduce el exudado de la mezcla fresca, conforme aumenta su porcentaje de fibras, observándose mayor reducción al 1.5% de fibra, en comparación con el concreto patrón sin fibras, que presentó el mayor nivel de exudado. Estos resultados son congruentes con trabajos de investigaciones similares. Al adicionar fibras de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP), en el concreto fresco reduce de manera considerable el exudado de la mezcla fresca, esto debido

a que el agua no pueda migrar libremente hacia la superficie y reduce el sangrado. Esta particularidad que tiene los polímeros es beneficioso, ya que reduce el sangrado y mejora la calidad del acabado superficial (Siddique et al., 2021)

#### 4.2. Propiedades mecánicas del concreto

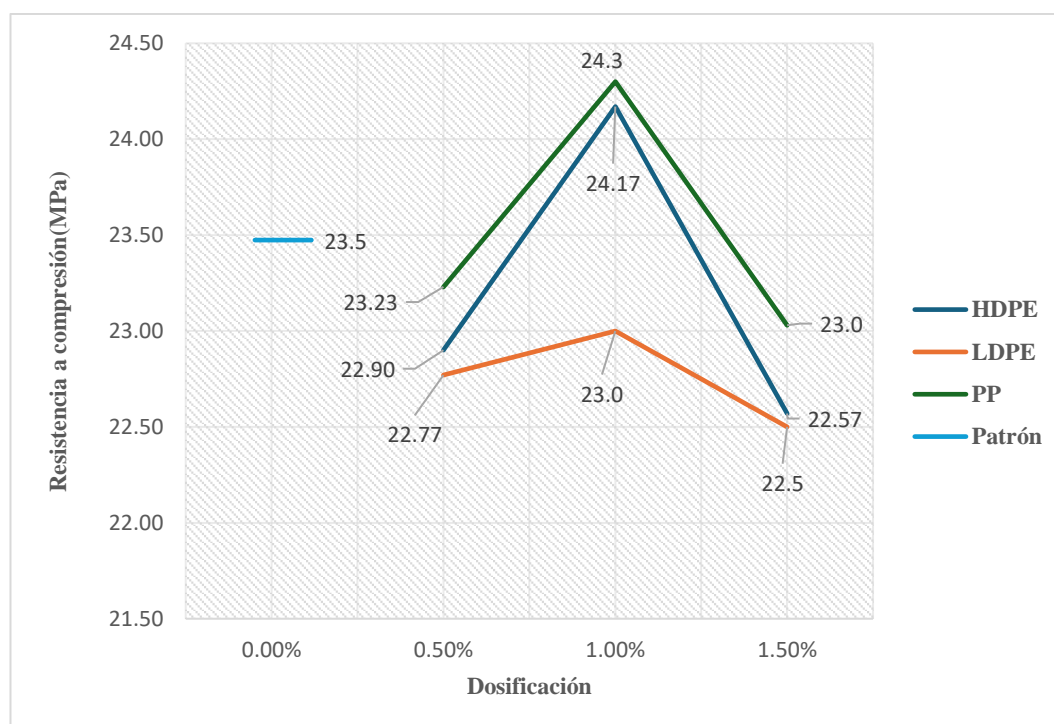
##### 4.2.1. Resistencia a la compresión

**Tabla 6:** Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 14 días de curado.

Fibras de polímeros	Resistencia a compresión $f_c$ (Mpa) a los 14 días			
	0.00%	0.50%	1.00%	1.50%
HDPE		22.90	24.17	22.57
LDPE		22.77	23.0	22.5
PP		23.23	24.3	23.0
Patrón	23.5			

**Nota.** Promedio de resistencia a compresión, de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra a los 14 días de curado.

**Figura 25:** Resistencia a compresión de acuerdo con el tipo y dosificación de polímero y muestra patrón a los 14 días de curado.



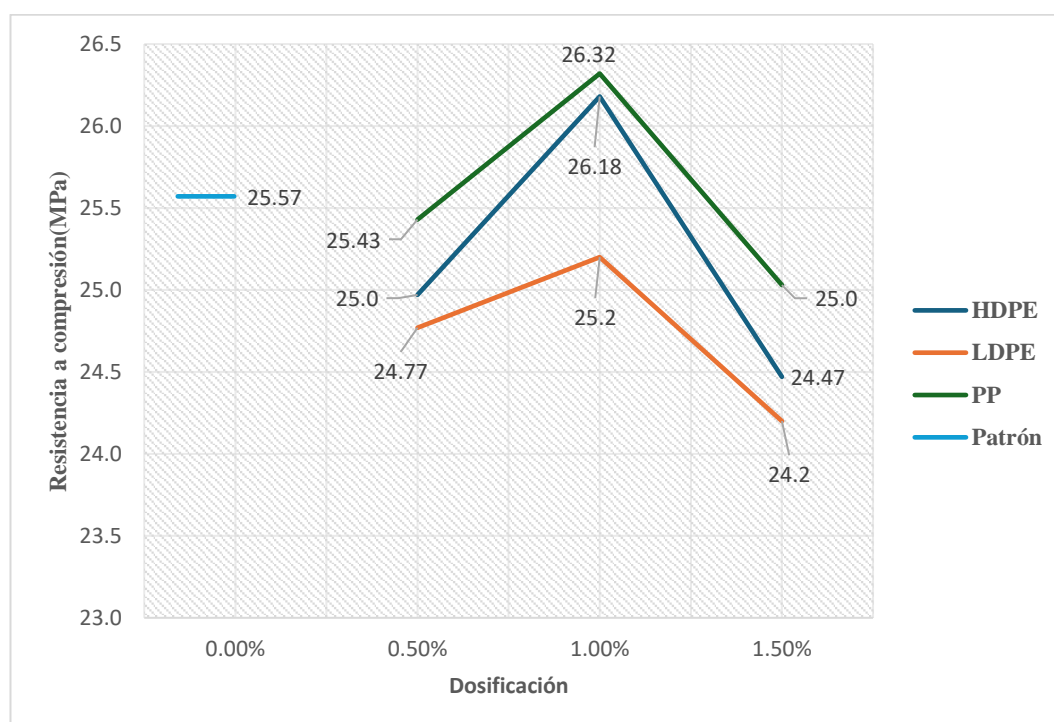
Fuente propia

**Tabla 7:** Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 21 días de curado.

Fibras de polímeros	Resistencia a compresión fc(Mpa) a los 21 días			
	0.00%	0.50%	1.00%	1.50%
HDPE	-	25.0	26.18	24.47
LDPE	-	24.77	25.2	24.2
PP	-	25.43	26.32	25.0
Patrón	25.57	-	-	-

**Nota.** Promedio de resistencia a compresión, de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra a los 21 días de curado.

**Figura 26:** Resistencia a compresión de acuerdo con el tipo y dosificación de polímero y muestra patrón a los 21 días de curado.



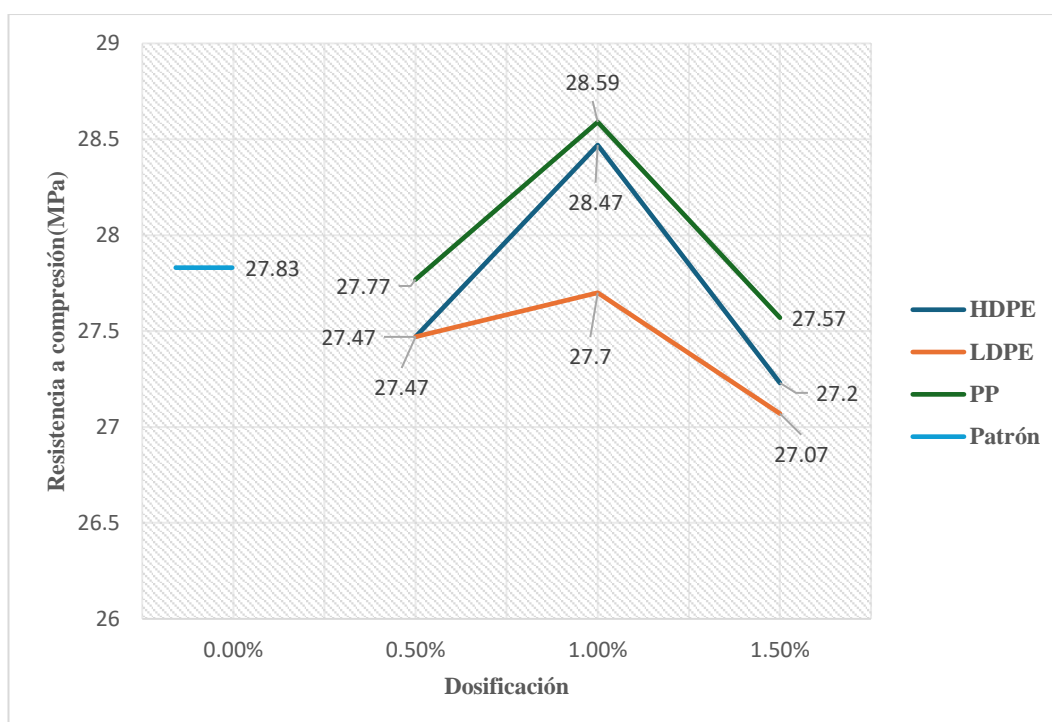
Fuente propia

**Tabla 8:** Resistencia a compresión de acuerdo con el tipo y porcentaje de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 28 días de curado.

Fibras de polímeros	Resistencia a compresión fc (Mpa) a los 28 días			
	0.00%	0.50%	1.00%	1.50%
HDPE	-	27.47	28.47	27.2
LDPE	-	27.47	27.7	27.07
PP	-	27.77	28.59	27.57
Patrón	27.83	-	-	-

**Nota.** Promedio de resistencia a compresión, de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra a los 28 días de curado.

**Figura 27:** Resistencia a compresión de acuerdo con el tipo y dosificación de polímero y muestra patrón a los 28 días de curado



Fuente propia

#### 4.2.1.1 Análisis de las Resistencia a la compresión

Al realizar los ensayos se pudo determinar que el porcentaje óptimo para las distintas fibras (HDPE, LDPE y PP) empleadas es del 1%. los resultados obtenidos muestran que las fibras de polímeros presentan un efecto variable respecto a la resistencia del concreto. Esta variabilidad está relacionada con el tipo de fibra de polímero y la dosificación.

A los 14 días de curado se pudo apreciar los siguiente: El concreto con fibras de polietileno de alta densidad (HDPE) y polipropileno (PP) mostro un incremento de 0.67 MPa y 0.8 MPa a dosificación óptimas (1%) respecto a la muestra patrón (sin fibra), sin embargo, hubo una disminución ligera de 0.5 MPa para el polietileno de baja densidad (LDPE).

A los 21 días el incremento de la resistencia a compresión de las fibras de polietileno de alta densidad (HDPE) y polipropileno (PP) fue de 0.61 MPa y 0.75 MPa en condiciones óptimas respecto a muestra patrón (sin fibra), pero hubo una disminución ligera de 0.37 MPa para el polietileno de baja densidad (LDPE). Finamente a los 28 días el incremento de la resistencia a compresión de las fibras de polímeros (HDPE, LDPE, PP) alcanzó 0.64 MPa, 0.13 MPa, 0.76 MPa a dosificación óptimas (1%) respecto a la muestra patrón (sin fibra). Cuando se trabaja a dosificación óptica (1%), la resistencia del concreto tiende a incrementar un poco más, pero el uso desmedido de fibra de polímero afecta de manera negativa la resistencia del concreto, debido al incremento de aire incorporado, menor trabajabilidad.

Los resultados obtenidos muestran la existencia de una dosificación óptica del 1%, puesto que mejora la resistencia del concreto, pero el uso desmedido de fibra de polímero afecta de manera negativa la resistencia del concreto, debido al incremento de aire incorporado, menor trabajabilidad.

En los trabajos de investigación, se ha observado que al adicionar fibras de polímeros (PP) a dosificación optima incrementa su resistencia a compresión. Cuando se agrega fibras que va de 0.5% a 1% la resistencia de concreto incrementa en un 3.6%, esto se debe porque existe una adecuada distribución de la tensión interna, además controla las microfisuras de la matriz de concreto (Ravi et al., 2022).

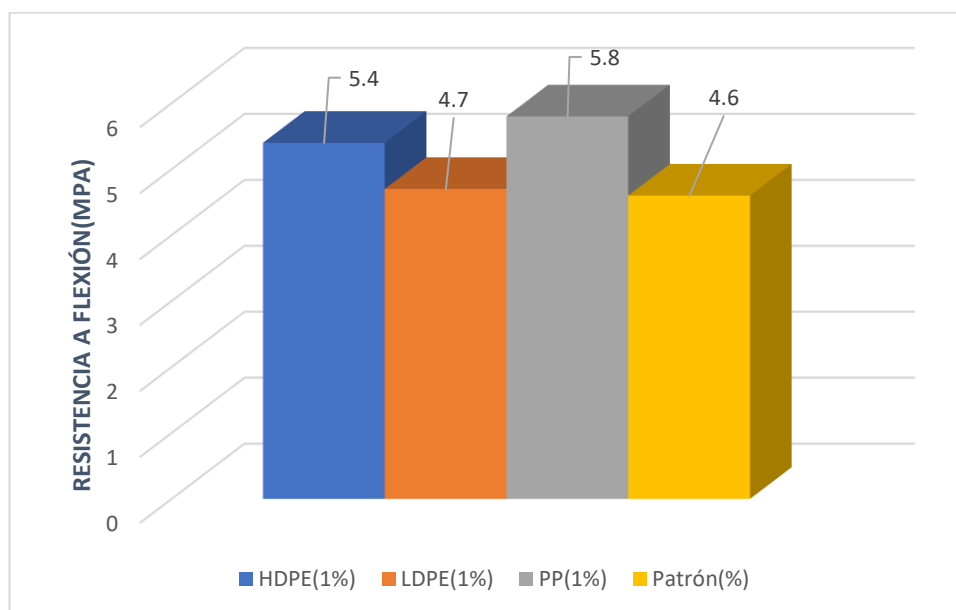
#### 4.2.2. Resistencia flexión

**Figura 9:** Resistencia a flexión de acuerdo al tipo y dosificación óptimo de fibras de polímero (HDPE, LDPE Y PP) y muestra patrón (sin fibra) a los 28 días de curado.

Resistencia a flexión $f_c$ (Mpa) a los 28 días				
Polímero	Repetición 02	Repetición 03	Repetición 03	Compresión promedio (Mpa)
HDPE(1%)	5.50	5.40	5.30	5.40
LDPE(1%)	4.69	4.60	4.80	4.70
PP(1%)	5.96	5.75	5.70	5.80
Patrón(%)	4.62	4.58	4.61	4.60

**Nota.** Promedio de resistencia a flexión, de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra a los 28 días de curado.

**Figura 28:** Resistencia a flexión de acuerdo al tipo y dosificación de fibras de polímero a los 28 días de curado.



Fuente propia

##### 4.2.2.1 Análisis de la resistencia a flexión

En múltiples investigaciones ha quedado demostrado, que las fibras de polímeros reciclados como el polipropileno (PP), polietileno de alta densidad (HDPE) y polietileno de baja densidad (LDPE) incrementa la resistencia a flexión, aunque los resultados varían de acuerdo al tipo de fibra y dosificación de las fibras.

A los 28 días de curado el incremento de la resistencia a flexión de concreto con fibras polietileno de alta densidad (HDPE), baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP) alcanzó 0.8MPa, 0.1 MPa, 1.2 MPa respectivamente a dosificación óptimas (1%) respecto a la muestra patrón (sin fibra).

En un reciente trabajo de investigación se determinó que al adicionar fibras de polipropileno (PP) en proporciones adecuadas, la resistencia a flexión alcanzó aproximadamente a 5.28MPa transcurrido los 28 días de curado. Esto representa un incremento de 1.2% con respecto al concreto patrón (sin fibra), mientras que al incorporar fibras de polietileno de alta densidad (HDPE) a optima dosificación se obtuvo una resistencia de 5.75 MPa, que representa un aumento de 1.5 % (Umasabor et al., 2024).

En la investigación realizado por Gonzales y ríos, se pudo observar que existe mayor resistencia a flexión con fibras de polipropileno (PP) a una dosificación del 1%, puesto que mejora la capacidad de absorción de energía y evita el incremento de fisuras en el pavimento.

La mejora en la resistencia a flexión del concreto con fibras de polietileno de alta densidad (HDPE) está vinculado a la natural robusta y es químicamente resistente (Malagavelli & Patura, 2011). Cuando la dosificación supero el 10% reduce la resistencia a flexión, esto se debe a que las fibras de HDPE, tiene naturaleza hidrófoba, además la unión con la matriz cementica es deficiente (Wani et al., 2020).

Los resultados muestras que el concreto con fibras de LDPE (5%), cuando es sometido al ensayo a flexión pueden alcanzar resistencia al igual que el concreto convencional pero cuando la dosificación aumenta la resistencia tiende a disminuir, lo cual es un limitante para la capacidad del material de unirse con la matriz del cemento, lo que reduce la capacidad de soporte de carga (Bahij et al., 2020).

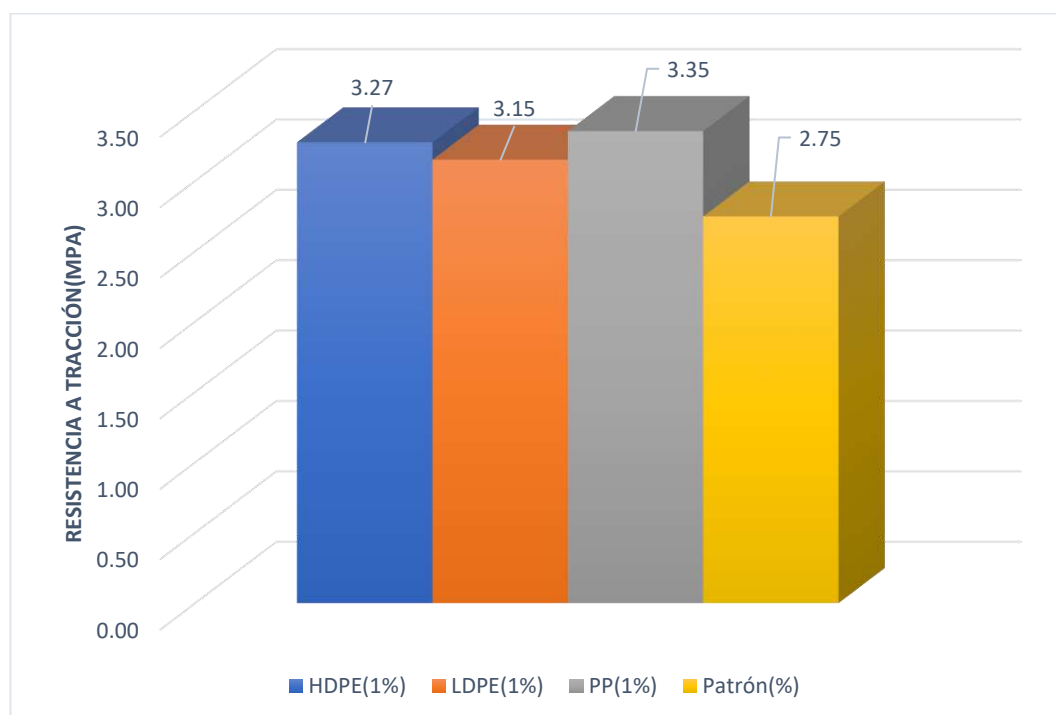
#### 4.2.3. Resistencia tracción indirecta

**Tabla 10:** Resistencia a tracción de acuerdo al tipo y porcentaje óptimo de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) y muestra patrón (sin fibra) a los 28 días de curado.

Resistencia a tracción indirecta (Mpa) a los 28 días				
Polímero	Repetición 03	Repetición 03	Repetición 03	Compresión tracción (Mpa)
HDPE (1%)	3.25	3.22	3.35	3.27
LDPE (1%)	3.1	3.1	3.3	3.15
PP (1%)	3.3	3.4	3.34	3.35
Patrón (%)	2.9	2.74	2.6	2.75

**Nota.** Promedio de resistencia a tracción, de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra a los 28 días de curado.

**Figura 29:** Resistencia a tracción de acuerdo al tipo y dosificación óptimo de fibra de polímero a los 28 días de curado.



Fuente propia

#### 4.2.3.1 Análisis de la resistencia a tracción

La incorporación de fibras de polímeros como polipropileno (PP), polietileno de alta densidad (HDPE) y polietileno de baja densidad (LDPE) en concreto mejora de manera sustancial el comportamiento a la tracción indirecta.

Después de los 28 días de curado el incremento de la resistencia a tracción de concreto con fibras polietileno de alta densidad (HDPE), baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP) alcanzó 0.52 MPa, 0.4 MPa, 0.6 MPa a dosificación óptimas (1%) respectivamente respecto a la muestra patrón (sin fibra).

De acuerdo con las investigaciones recientes, la dosificación entre 0.5 % y 1.5 % con fibras de polímeros incrementa en un 12 % al 27 %, si la dosificación incrementa a un 2% la resistencia a tracción se reduce, además afecta de manera negativa la trabajabilidad y la uniformidad de las fibras en el matriz del cemento dependiendo del tipo y proporción del polímero.

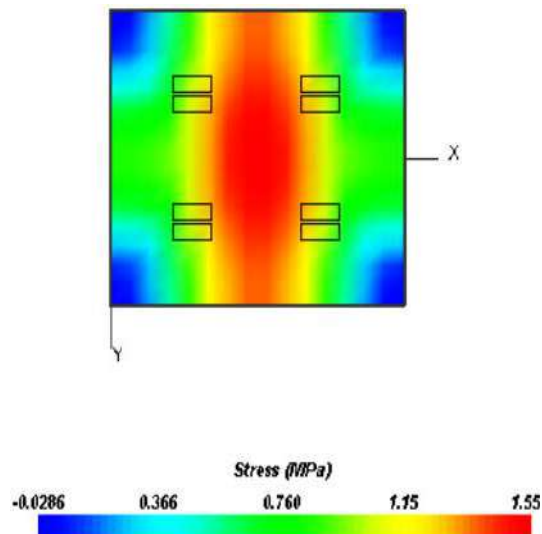
Emplear fibras de polímero al 1.0 % logró un incremento de 12.5 %, mientras que una dosificación de 1.5 % llegó a generar un incremento aproximado de 27 % respecto al concreto de patrón (sin fibra). Cuando se utiliza proporciones mayores al 2 %, la resistencia a tracción tiende a disminuir por problemas de trabajabilidad y dispersión de fibras dentro de (Gad et al., 2024; Yousf et al., 2023).

#### 4.2.4. Modelamiento del pavimento rígido

##### 4.2.4.1. Modelamiento por Software EverFE 2.24

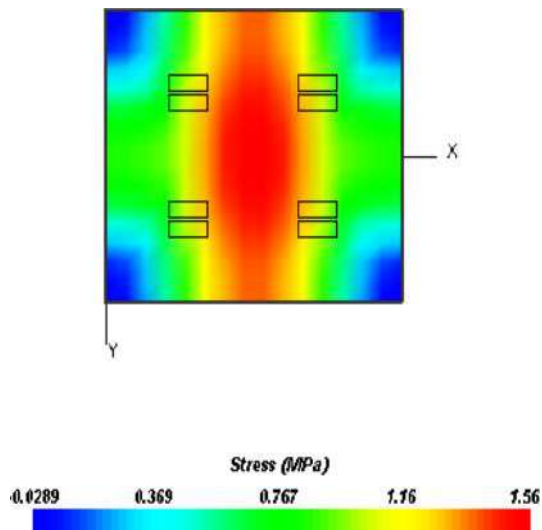
Para el modelamiento del pavimento rígido con fibras de polímero y patrón (sin fibra) se empleó el Software EverFE2.24. Posterior a ello se utilizó la ecuación PCA, para poder estimar el número permisible de cargas repetitivas antes de que ocurra la falla,

**Figura 30:** Esfuerzo generado por tanden de 16.4 ton en el centro del pavimento rígido, sin fibras de polímero.



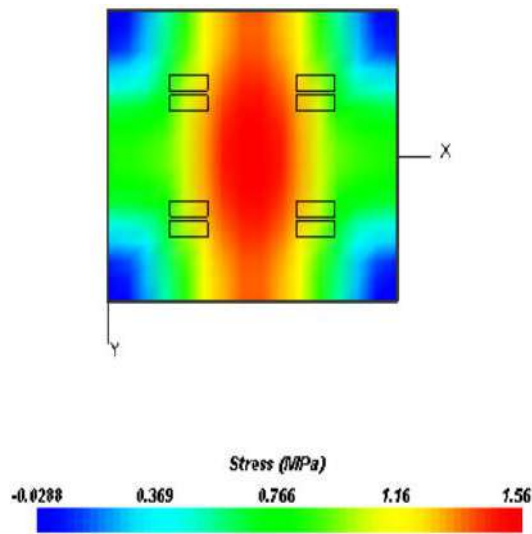
**Nota.** Esfuerzo máximo generado de 1.55 Mpa cuando los ejes están ubicados en el centro de la losa.

**Figura 31:** Esfuerzo generado por tanden de 16.4 ton en el centro del pavimento rígido, con fibra de polipropileno (PP).



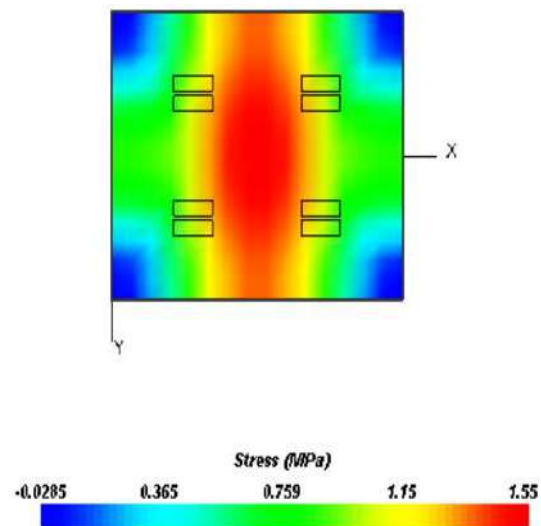
**Nota.** Esfuerzo máximo generado de 1.56 Mpa cuando los ejes están ubicados en el centro de la losa.

**Figura 32:** Esfuerzo generado por tanden de 16.4 ton en el centro del pavimento rígido, con fibra de polietileno de alta densidad (HDPE).



**Nota.** Esfuerzo máximo generado de 1.56 Mpa cuando los ejes están ubicados en el centro de la losa.

**Figura 33:** Esfuerzo generado por tanden de 16.4 ton en el centro del pavimento rígido, con fibra de polietileno de baja densidad (LDPE)



**Nota.** Esfuerzo máximo generado de 1.55 Mpa cuando los ejes están ubicados en el centro de la losa.

#### 4.2.4.2. Modelo PCA para fatiga en pavimento rígido

Es un modelo mecanístico - empírico, que fue desarrollado por la Portland Cement Association, con la finalidad de estimar el número de ciclos de carga antes de que ocurra la falla por fatiga en pavimento rígido. Este modelo toma en cuenta el esfuerzo a tracción que se genera en la parte interior de la losa y la resistencia a flexión del concreto (*Portland Cement Association, 1984*).

$$\text{Log}_{10}N = 12.077 - 12.077 * \left(\frac{\sigma}{MOR}\right)$$

*N*: Ciclos permisibles a la falla

$\sigma$ : esfuerzo (Mpa)

*MOR*: módulos de rotura (Mpa)

**Tabla 11:** Modelo empírico de PCA para los pavimentos rígido con fibras de polímeros y patrón

Fibras	f'c (MPa)	E (MPa)	Esfuerzo (MPa)	MR(MPa)	PCA (N° ciclos)
HDPE	28.47	25,250	1.5604	5.40	3.87×10 <sup>8</sup>
LDPE	27.70	24,939	1.5461	4.70	1.27×10 <sup>8</sup>
PP	28.59	25,279	1.5623	5.80	6.67×10 <sup>8</sup>
Patrón	27.83	24,990	1.5490	4.60	1.02×10 <sup>8</sup>

**Nota.** Número de ciclos por Modelo PCA de fatiga en pavimentos rígidos (*Portland Cement Association, 1984*).

#### 4.2.4.3. Análisis del modelamiento y fatiga

Los resultados obtenidos, empleando el análisis de fatiga por el modelo empírico PCA muestran que al adicionar fibras de polímeros a dosificación óptima incrementa de manera significativa en la vida útil a fatiga del pavimento rígido. El pavimento control sin ningún tipo de fibra presentó una capacidad de 1.02×10<sup>8</sup> ciclos, en cambio cuando se empleó fibras de polímero reciclados el valor incremento entre 1.3 y 7 veces su capacidad. El mejor desempeño fue empleando fibras de polipropileno (PP) llegando a 6.67×10<sup>8</sup> ciclos, seguido por las fibras de HDPE con 3.87×10<sup>8</sup> ciclos y finalmente el LDPE con 1.27×10<sup>8</sup> ciclos. De esta manera se demuestra que las fibras de polipropileno empleadas actúan como puente de transferencia de esfuerzos, los cuales limitan la propagación de las microgrietas, de esta manera mejoran sustancialmente la capacidad del pavimento rígido para soportar repeticiones de carga.

#### 4.4 CONTRASTACION DE LA HIPOTESIS

Hipótesis general:

***Las fibras de polímeros artificiales reciclados (HDPE, LDPE y PP), si influye en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto pesado en el pavimento rígido.***

La hipótesis analiza la influencia que produce las fibras de polímeros reciclado (HDPE, LDPE y PP) en la propiedades plásticas y mecánicas de concreto. Esto quiere decir, que, si será beneficioso o no, con respecto a las propiedades.

De acuerdo a los resultados obtenidos con respecto a los ensayos plásticos (slump, temperatura y exudado) y mecánicos (resistencia a compresión, flexión y tracción), podemos aseverar que ambas propiedades mejoras cuando la dosificación es óptima.

##### 4.4.1. Contrastación de hipótesis de ensayo plástico en concreto fresco

Hipótesis específica:

- ***H<sub>1</sub>: las fibras de polímero de reciclado artificial (HDPE, LDPE y PP) si influyen en el comportamiento plástico (Slump, temperatura, exudado) del concreto pesado.***
- ***H<sub>0</sub>: las fibras de polímero de reciclados (HDPE, LDPE y PP) no influyen en el comportamiento plástico (Slump, temperatura, exudado) del concreto pesado.***

La hipótesis se puede contrastar observando la gráfica y el análisis de varianza (ANOVA), donde se muestra que las propiedades plásticas del concreto fresco (Slump, temperatura, exudado) varía de acuerdo a la dosificación (0.5%, 1% , 1.5%) y tipo de fibra (HDPE, LDPE y PP). Como consecuencia se acepta la hipótesis  $H_1$ .

Al realizar la comparación del slump de la mezcla patrón (sin fibra) respecto a la mezcla que tienen fibras de polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad y polipropileno a dosificación óptima se puede apreciar que varía de 0.7plg, 0,5plg y 0.8 plg respectivamente.

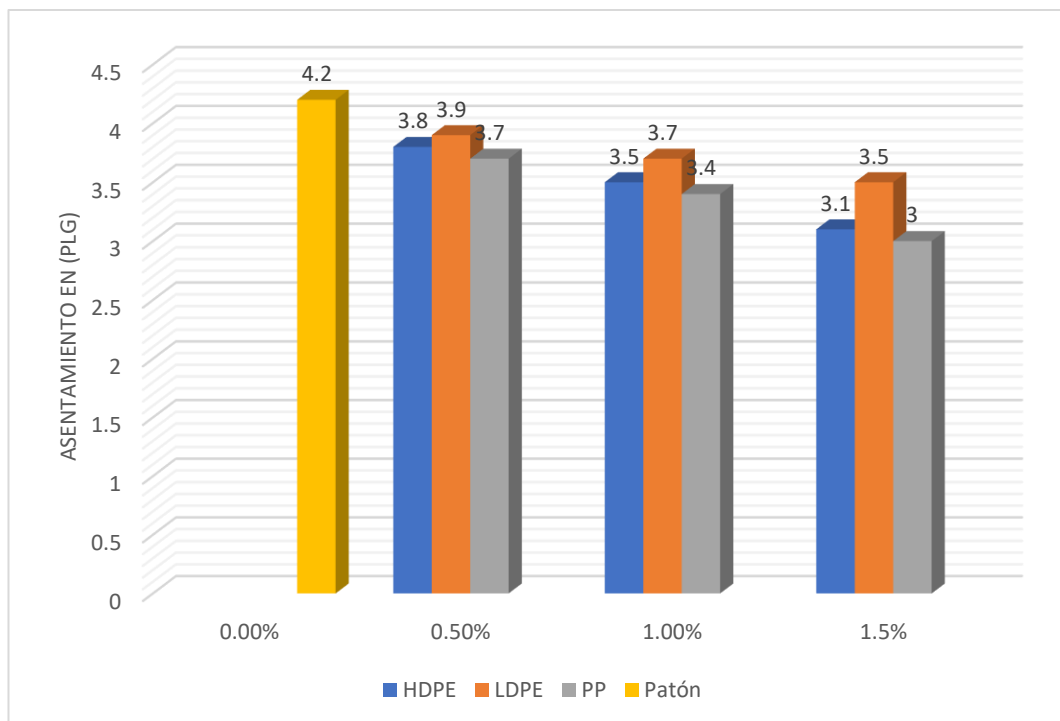
Respecto a la temperatura de la mezcla patrón (sin fibra) y las mezclas con fibras de polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad y polipropileno a

dosificación óptima se puede apreciar que varía de 0.5°C, 0.6°C y 0.5°C respectivamente.

Con relación al exudado de la muestra patrón (sin fibra) y la mezcla que tienen fibras de polietileno de alta densidad, polietileno de baja densidad y polipropileno a dosificación óptima se aprecia que el exudado varía de 6ml, 5.1ml y 6.5ml respectivamente.

### Análisis estadístico

**Figura 34:** Asentamiento de mezcla fresca (plg) a diferentes dosificaciones de fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE y PP) y mezcla patrón (sin fibra).



Fuente propia

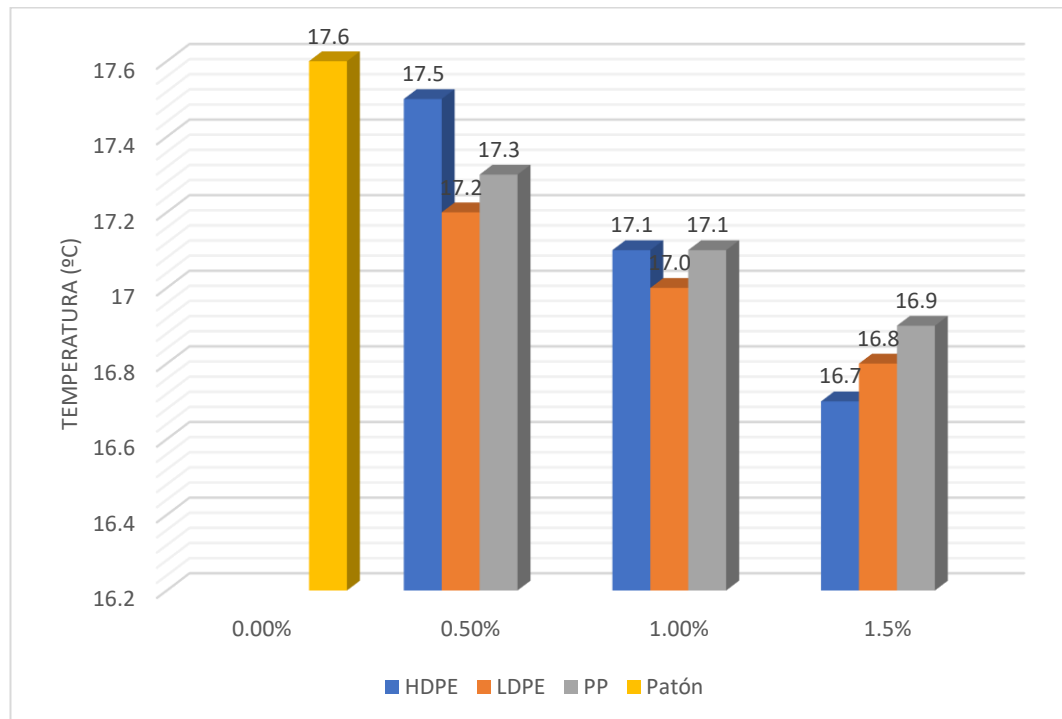
### Análisis de varianza (ANOVA de dos vías con interacción)

Después de realizar el análisis de varianza de acuerdo al tipo de fibra (HDPE, LDPE Y PP) y porcentaje de fibras (0.5%, 1.0% y 1.5%) en el concreto fresco se determinó que existe significancia en el asentamiento (Slump), esto significa que la fluidez del concreto fresco difiere de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra empleada.

Del gráfico y el análisis de varianza se determinó que el asentamiento disminuye a medida que el porcentaje de fibra aumenta. Esto nos indica que la mezcla es menos fluida y se vuelve más cohesiva.

Al realizar la comparación con el patrón se puede apreciar que el asentamiento es mayor con respecto a todas las mezclas que tenían fibra.

**Figura 35:** Temperatura de mezcla fresca ( $T^\circ$ ) a diferentes dosificaciones de fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE, PP) y mezcla patrón (sin fibra).



Fuente propia

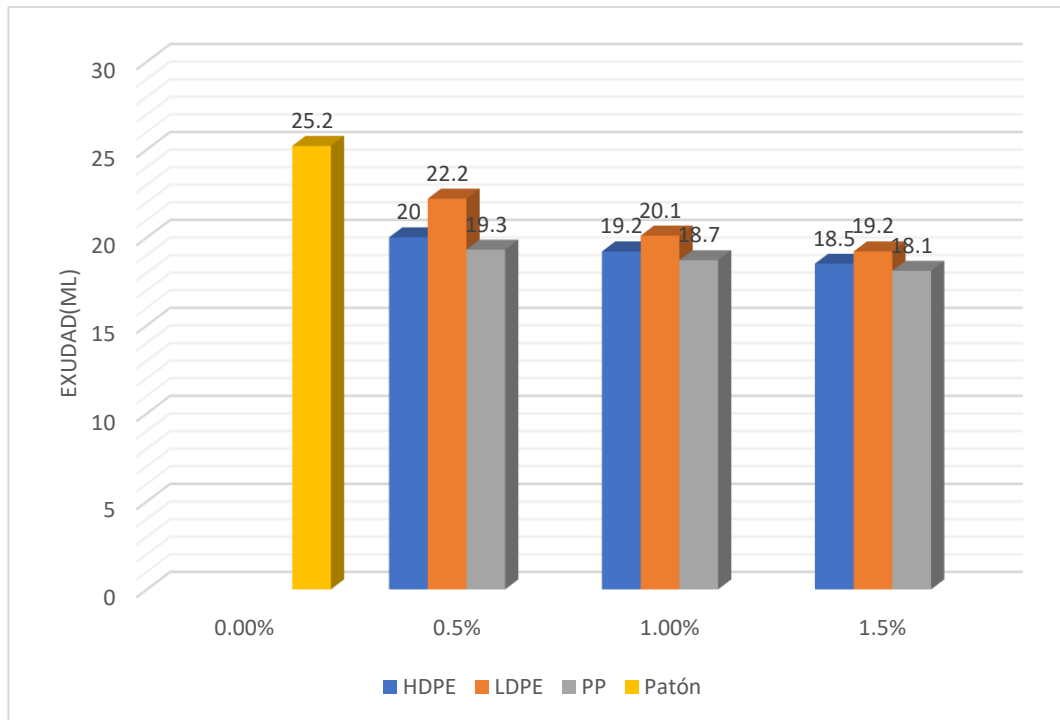
### **Análisis de varianza (ANOVA de dos vías con interacción)**

Después de realizar el análisis de varianza de acuerdo al tipo de fibra (HDPE, LDPE Y PP) y porcentaje de fibras (0.5%, 1.0% y 1.5%) en el concreto fresco se determinó que existe significancia en la temperatura ( $T^\circ$ ), esto significa que la temperatura del concreto fresco difiere de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra empleada en la dosificación.

Del gráfico y el análisis de varianza se determinó que la temperatura disminuye a medida que el porcentaje de fibra aumenta.

Al realizar la comparación con el patrón se puede apreciar que la temperatura es mayor con respecto a todas las mezclas que tenían fibra. Esta diferencia es más marcada cuando se realiza la comparación con las fibras de polímero al 1.5%

**Figura 36:** Exudado de mezcla fresca(ml) a diferentes dosificaciones de fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE y PP) y mezcla patrón (sin fibra).



Fuente propia

### **Análisis de varianza (ANOVA de dos vías con interacción)**

Después de realizar el análisis de varianza de acuerdo al tipo de fibra (HDPE, LDPE Y PP) y porcentaje de fibras (0.5%,1.0% y 1.5%) en el concreto fresco se determinó que existe significancia respecto al exudado, esto significa que el exudado del concreto fresco difiere de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra empleada en la dosificación

Del gráfico y el análisis de varianza se determinó que el exudado se reduce a medida que el porcentaje de fibra incrementa.

Al realizar la comparación con el patrón se puede apreciar que el exudado es mayor con respecto a todas las mezclas que tenía fibra. Esta diferencia es más marcada cuando se realiza la comparación con las fibras de polímero al 1.5%, de este grupo el que presenta mayor exudado son los polietilenos de baja densidad.

#### 4.4.2. Contratación de hipótesis de ensayo a compresión

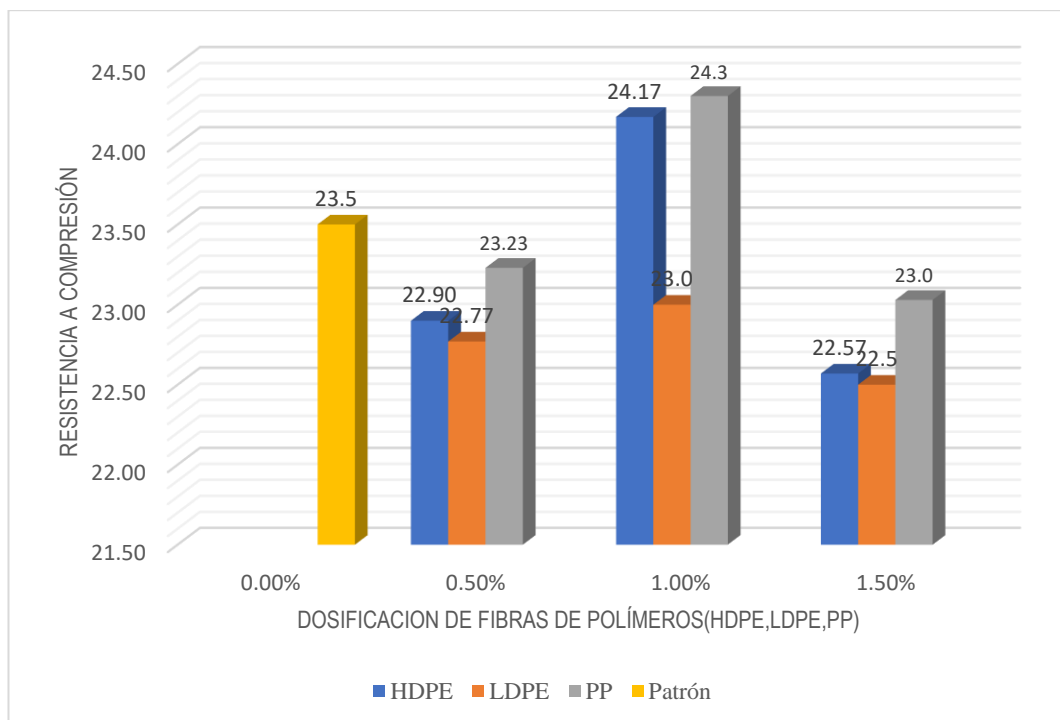
- ***H<sub>1</sub>: Las fibras de polímero reciclado (HDPE, LDPE y PP) a dosificación óptima si influyen en la resistencia a compresión.***
- ***H<sub>0</sub>: Las fibras de polímero reciclado (HDPE, LDPE y PP) a dosificación óptima no influyen en la resistencia a compresión.***

La hipótesis se puede contrastar observando la gráfica donde se muestra las 09 dosificaciones y la muestra patrón. En esta gráfica se evidencia el incremento de la resistencia a compresión del concreto donde se empleó unas fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE y PP) a dosificación óptima (1%).

La primera hipótesis específica es confirmada con los ensayos realizados, por consiguiente, la hipótesis es verdadero.

#### Análisis estadístico

**Figura 37:** Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero a los 14 días de curado.



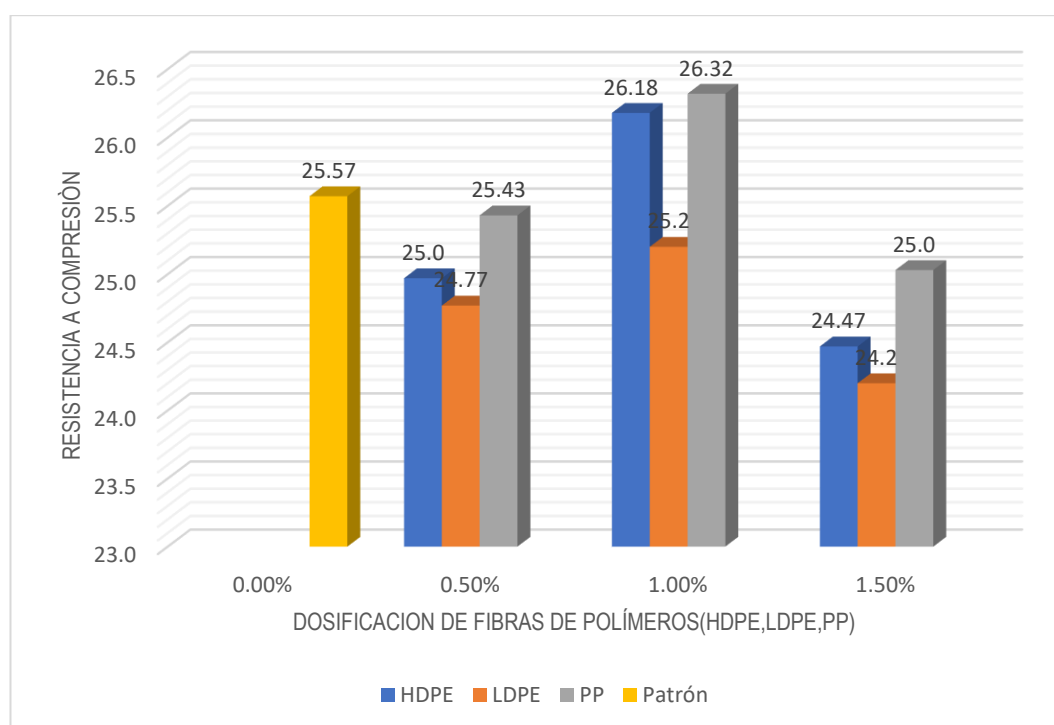
Fuente propia

**Tabla 12:** Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 14 días de curado.

Resistencia a compresión fc(MPa) a los 14 días					
Polímero	Porcentaje	Repetición 03	Repetición 03	Repetición 03	Compresión promedio (MPa)
HDPE	0.50%	22.80	22.90	23.00	22.90
HDPE	1.00%	23.90	24.20	24.40	24.17
HDPE	1.50%	22.70	22.40	22.60	22.57
LDPE	0.50%	22.90	22.80	22.60	22.77
LDPE	1.00%	22.90	23.00	23.10	23.00
LDPE	1.50%	22.80	22.10	22.60	22.50
PP	0.50%	23.40	23.20	23.10	23.23
PP	1.00%	24.30	24.70	23.90	24.30
PP	1.50%	23.20	22.90	23.00	23.03
Patrón	0.00%	23.60	23.50	23.40	23.50

**Nota.** Promedio de resistencia a compresión, de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra a los 14 días de curado.

**Figura 38:** Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero a los 21 días de curado.



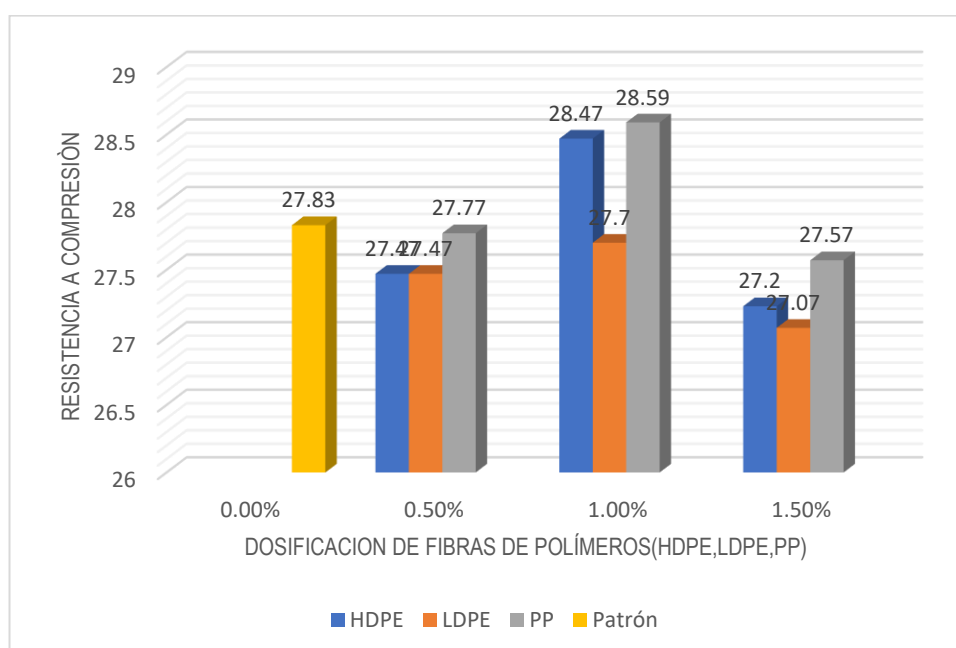
Fuente propia

**Tabla 13:** Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 21 días de curado.

Resistencia a compresión fc(MPa) a los 21 días					
Polímero	Porcentaje	Repetición 03	Repetición 03	Repetición 03	Compresión promedio (MPa)
HDPE	0.50%	24.60	25.10	25.20	24.97
HDPE	1.00%	25.78	26.32	26.43	26.18
HDPE	1.50%	24.20	24.70	24.50	24.47
LDPE	0.50%	24.80	24.60	24.90	24.77
LDPE	1.00%	24.80	25.50	25.30	25.20
LDPE	1.50%	24.50	23.90	24.20	24.20
PP	0.50%	25.70	25.40	25.20	25.43
PP	1.00%	26.25	26.87	25.85	26.32
PP	1.50%	25.00	25.20	24.90	25.03
Patrón	0.00%	26.10	25.40	25.20	25.57

**Nota.** Promedio de resistencia a compresión, de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra a los 21 días de curado.

**Figura 39:** Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero a los 28 días de curado.



Fuente propia

**Tabla 14:** Resistencia a compresión de acuerdo al tipo y porcentaje de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 28 días de curado.

Resistencia a compresión $f_c$ (MPa) a los 28 días					
Polímero	Porcentaje	Repetición	Repetición	Repetición	Compresión promedio (MPa)
		01	02	03	
HDPE	0.50%	27.80	27.50	27.10	27.47
HDPE	1.00%	28.58	27.97	28.85	28.47
HDPE	1.50%	27.20	27.50	27.00	27.23
LDPE	0.50%	27.30	27.60	27.50	27.47
LDPE	1.00%	27.50	27.90	27.70	27.70
LDPE	1.50%	26.90	27.10	27.20	27.07
PP	0.50%	27.60	27.80	27.90	27.77
PP	1.00%	28.70	28.52	28.54	28.59
PP	1.50%	27.60	27.20	27.90	27.57
Patrón	0.00%	27.80	28.00	27.70	27.83

**Nota.** Promedio de resistencia a compresión, de acuerdo a tipo y porcentaje de fibra a los 28 días de curado.

### Análisis de varianza (ANOVA de dos vías con interacción)

- Factor A: Tipo de polímero (Patrón, HDPE, LDPE, PP)
- Factor B: Porcentaje de polímero (0.0 %, 0.5 %, 1.0 %, 1.5 %)
- Número de repeticiones: 3 por tratamiento
- Nivel de significancia:  $\alpha = 0.05$

### Formula y calculo realizados

- Cálculo de la Suma Total de Cuadrados (SCT)

$$SCT = \sum_{i=1}^n (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_{..})^2$$

- $\bar{x}_{ij}$ : cada dato individual
- $\bar{x}_{..}$ : promedio general de todos los datos

- Suma de Cuadrados del Factor A (Polímero)

$$SCA = \sum_{i=1}^a n_i (\bar{x}_i - \bar{x}_{..})^2$$

- $a$ : número de niveles de A (polímeros)
- $n_i$ : número total de datos por polímero
- $\bar{x}_i$ : promedio de cada polímero
- Suma de Cuadrados del Factor B (Porcentaje)

$$SCB = \sum_{j=1}^b n_j (\bar{x}_{.j} - \bar{x}_{..})^2$$

- $b$ : niveles del porcentaje
- $n_j$ : total de datos por porcentaje
- $\bar{x}_{.j}$ : promedio por porcentaje
- Suma de Cuadrados de la Interacción AxB

$$SCAB = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b n_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_{.j} + \bar{x}_{..})^2$$

- Suma de Cuadrados del Error (Residual)

$$SCE = SCT - SCA - SCB - SCAB$$

**Tabla 15:** Análisis de varianza de dos factores sobre las propiedades del concreto de polímero.

Fuente de variación	SC	GL	MC	F	Valor-p
Polímero	421.81	3	140.60	2130.30	<0.001
Porcentaje	2374.79	3	791.60	11993.94	<0.001
Interacción	2.94	9	0.33	5.00	0.0029
Error	1.31	20	0.066		
Total	11.195	35			

**Nota.** SC = Suma de cuadrados; gl = Grados de libertad; MC = Media cuadrática; F = Estadístico F; p = Valor-p.

### **Interpretar el efecto del Polímero**

Teniendo en cuenta las hipótesis planteadas  $H_0$  (No hay diferencias entre los tipos de polímero),  $H_1$  (Al menos un tipo de polímero produce diferencia en la resistencia) y los resultados (Valor-p = 0.001; Como  $0.001 < 0.05$ ), se rechaza el  $H_0$  por consiguiente se concluye que el tipo de polímero influye significativamente en la resistencia del concreto.

### **Interpretar el efecto del Porcentaje**

Teniendo en cuenta las hipótesis planteadas  $H_0$  (No hay diferencias entre porcentajes de fibra),  $H_1$  (Al menos un porcentaje genera diferencias) y los resultados (Valor-p = 0.001; Como  $0.001 < 0.05$ ), se rechaza el  $H_0$  por consiguiente se concluye que el porcentaje de polímero influye significativamente en la resistencia del concreto.

### **Interpretar la interacción entre polímero y porcentaje**

Teniendo en cuenta las hipótesis planteadas  $H_0$  (No hay interacción entre tipo de polímero y porcentaje),  $H_1$  (Sí existe interacción) y los resultados (Valor-p = 0.0029; Como  $0.0029 < 0.05$ ), se rechaza el  $H_0$  por consiguiente se acepta  $H_1$  por lo tanto se concluye que se encontró interacción significativa entre el tipo de polímero y el porcentaje.

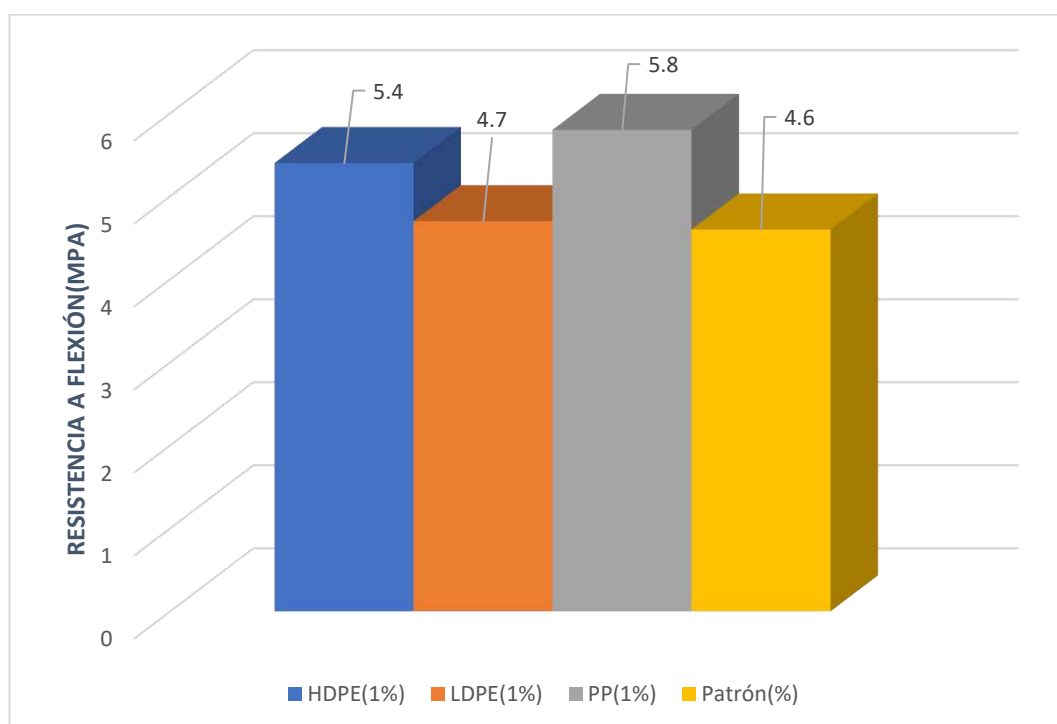
#### 4.4.3. Contrastación de hipótesis de ensayo a flexión

- ***$H_1$ : Las fibras de polímero reciclado (HDPE, LDPE y PP) a dosificación óptima influyen en la resistencia a flexión.***
- ***$H_0$ : Las fibras de polímero reciclado (HDPE, LDPE y PP) a dosificación óptima no influyen en la resistencia a flexión.***

Mediante el análisis y ensayos realizados buscamos aceptar o negar, el incremento de la resistencia a flexión cuando se le agrega fibras de polímero reciclados (HDPE, LDPE y PP) a dosificaciones óptima respecto a la resistencia a flexión del patrón (sin fibras).

La hipótesis planteada  $H_1$  es correcta puesto que se ha demostrado mediante ensayos, que la resistencia de flexión tiende a incrementar cuando se emplea fibras de polímero reciclados (HDPE, LDPE y PP) a dosificación óptimo de 1%, este incremento se puede apreciar en las gráficas.

**Figura 40:** Resistencia a flexión de acuerdo al tipo y porcentaje óptimo de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 28 días de curado



Fuente propia

**Tabla 16:** Promedio de resistencia a flexión de acuerdo al tipo y porcentaje óptima de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 28 días de curado.

Polímero	Resistencia a flexión (MPa) a los 28 días			Compresión promedio (MPa)
	Repetición 03	Repetición 02	Repetición 03	
HDPE(1%)	5.50	5.40	5.30	5.40
LDPE(1%)	4.69	4.60	4.80	4.70
PP(1%)	5.96	5.75	5.70	5.80
Patrón(%)	4.62	4.58	4.61	4.60

**Nota.** Promedio de resistencia a compresión, con tres repeticiones de acuerdo a tipo y porcentaje óptimo de fibra a los 28 días de curado.

#### Análisis de varianza (ANOVA de un solo factor)

- Total, de datos  $N=12$
- Número de grupo  $K=4$

- Promedio general

$$\bar{x}_T = \frac{\sum x_{ij}}{N} = 5.125$$

- Suma de cuadrados entre grupos

Donde  $n_i = 3$  para todos

$$SCT = \sum n_i(\bar{x}_i - \bar{x}_T)^2 = 2.87$$

- Suma de cuadrados del error (SCE)

$$SCE = \sum (\bar{x}_i - \bar{x}_T)^2 = 0.079$$

- Grados de libertad

- Total:  $gl_{TOTAL} = N - 1 = 11$
- Tratamiento:  $gl_T = K - 1 = 3$
- Error:  $gl_E = N - K = 8$

- Cuadrados medios (CM)

$$CM_E = \frac{SCE}{gl_E} = 0.0099$$

$$CM_T = \frac{SCT}{gl_T} = 0.957$$

- Estadístico F

$$\frac{CM_T}{CM_E} = 96.7 \Rightarrow \text{Se rechaza } H_0$$

Para  $\alpha=0.05$ ,  $F \approx 4.07$ , como  $96.7 > 4.07$ , con los resultados obtenidos se puede definir que existe diferencia significativa en la resistencia flexión entre los diferentes tipos de fibras y el patrón.

## Prueba de Tukey HSD

$$HSD = q \cdot \sqrt{\frac{CM_e}{n}}$$

Donde:

q: valor crítico de la distribución de Tukey (depende de k=4 grupos y  $df_e = 8$ )

para  $\alpha = 0.05$ ;  $q(0.05;4;8) \approx 4.53(0.05; 4; 8)$

n=3 (número de repeticiones)

Cálculo de HSD:

$$HSD = 4.53 \sqrt{\frac{0.0099}{3}} = 0.260$$

$$HSD = 0.260$$

**Tabla 17:** Prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD para la resistencia a flexión indirecta del concreto a los 28 días.

Comparación	Diferencia de medias	¿Mayor que HSD?	¿Significativa?
HDPE – LDPE	0.70	0.70 > 0.26	Sí
HDPE – PP	0.40	0.40 > 0.26	Sí
HDPE – Patrón	0.80	0.80 > 0.26	Sí
PP – LDPE	1.10	1.10 > 0.26	Sí
PP – Patrón	1.20	1.20 > 0.26	Sí
LDPE – Patrón	0.10	0.10 < 0.26	No

**Nota.** Prueba de Tukey HSD, valor significativo ( $p < .05$ ).

Se identificaron diferencias significativas en la resistencia a flexión entre varios grupos. Especialmente el concreto con fibras del PP (1%) mostró una resistencia significativa mayor en comparación con los demás grupos, incluido el patrón sin fibras. LDPE no mostró mejora significativa respecto al patrón, mientras que HDPE sí mejoró la resistencia respecto al patrón y LDPE.

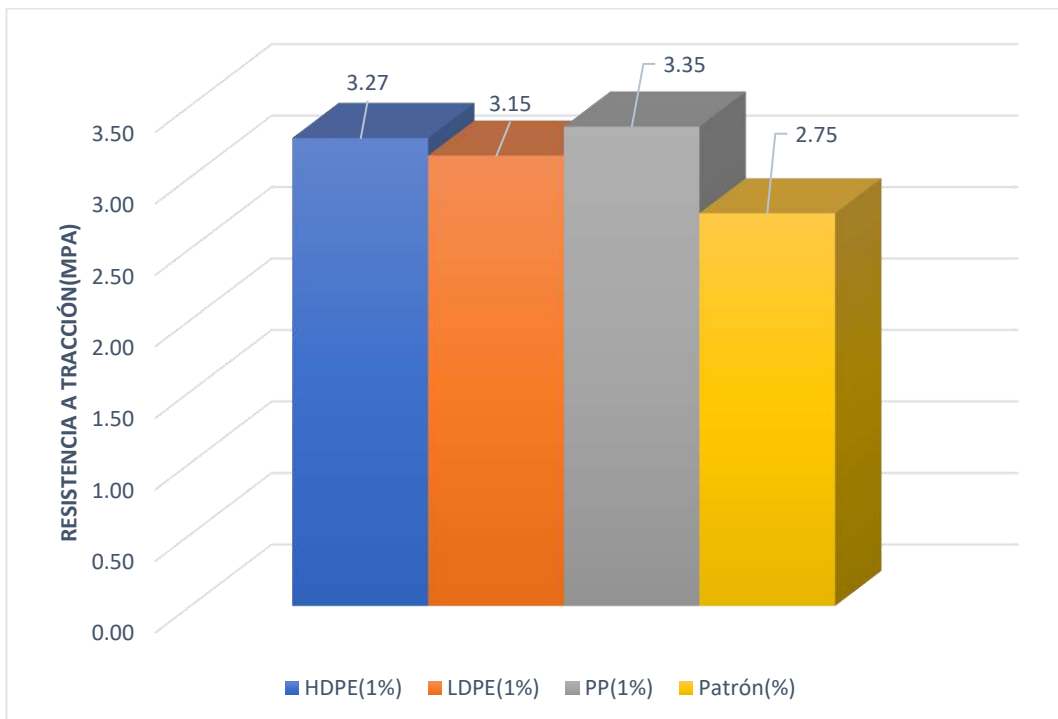
#### 4.4.4. Contrastación de hipótesis de ensayo a tracción

- ***H<sub>1</sub>: Las fibras de polímero reciclado (HDPE, LDPE y PP) a dosificación óptima influyen en la resistencia a tracción.***
- ***H<sub>0</sub>: Las fibras de polímero reciclado (HDPE, LDPE y PP) a dosificación óptima no influyen en la resistencia a tracción.***

Mediante el análisis y ensayos realizados buscamos aceptar o negar, el incremento de la resistencia a tracción cuando se le agrega fibras de polímero reciclados (HDPE, LDPE y PP) a dosificación óptima respecto a la resistencia a tracción del patrón (sin fibras).

La hipótesis planteada H<sub>1</sub> es correcta puesto que se ha demostrado mediante ensayos, que la resistencia a tracción tiende a incrementar cuando se emplea fibras de polímero reciclados (HDPE, LDPE y PP) a dosificación óptimo de 1%, este incremento se puede apreciar en las gráficas.

**Figura 41:** Resistencia a tracción de acuerdo al tipo y porcentaje óptimo de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 28 días de curado.



Fuente propia

**Tabla 18:** Promedio de resistencia a tracción de acuerdo al tipo y porcentaje óptima de fibra de polímero (HDPE, LDPE Y PP) a los 28 días de curado.

Polímero	Resistencia a tracción indirecta (MPa) a los 28 días			Compresión tracción (MPa)
	Repetición 02	Repetición 03	Repetición 03	
HDPE (1%)	3.25	3.22	3.35	3.27
LDPE (1%)	3.1	3.1	3.3	3.15
PP (1%)	3.3	3.4	3.34	3.35
Patrón (%)	2.9	2.74	2.6	2.75

**Nota.** Promedio de resistencia a tracción, con tres repeticiones de acuerdo a tipo y porcentaje óptimo de fibra a los 28 días de curado.

### Análisis de varianza (ANOVA de un solo factor)

Número de tratamientos (grupos):  $k = 4$

Número de repeticiones por grupo:  $n = 3$

Total de observaciones:  $N = 12$

Cálculo del promedio general

- Promedio general:

$$\bar{x}_T = \frac{\sum x_{ij}}{N} = 3.133$$

- Suma de cuadrados entre grupos

Donde  $n_i = 3$  para todos

$$SCT = \sum n_i(\bar{x}_i - \bar{x}_T)^2 = 0.63$$

- Suma de cuadrados dentro del error (SCE)

$$SCE = \sum (\bar{x}_i - \bar{x}_T)^2 = 0.09$$

- Grados de libertad
  - Total:  $gl_{TOTAL} = N - 1 = 11$
  - Tratamiento:  $gl_T = K - 1 = 3$
  - Error:  $gl_E = N - K = 8$
  
- Cuadrados medios (CM)

$$CM_E = \frac{SCE}{gl_E} = 0.011$$

$$CM_T = \frac{SCD}{gl_D} = 0.21$$

- Estadístico F

$$F = \frac{CM_T}{CM_E} = 19.09$$

Para  $\alpha=0.05$ ,  $F \approx 4.07$ , como  $19.09 > 4.07$ , con los resultados obtenidos se puede definir que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos respecto a la resistencia a tracción indirecta del concreto a los 28 días.

### Prueba de Tukey HSD

$$HSD = q \cdot \sqrt{\frac{CM_E}{n}}$$

Donde:

q: valor crítico de la distribución de Tukey (depende de  $k=4$  grupos y  $df_e = 8$ )

para  $\alpha = 0.05$ ;  $q(0.05;4;8) \approx 4.53(0.05; 4; 8)$

$n=3$  (número de repeticiones)

Cálculo de HSD:

$$HSD = 4.53 \sqrt{\frac{0.011}{3}} = 0.27$$

$$HSD = 0.27$$

**Tabla 19:** Prueba de comparaciones múltiples de Tukey HSD para la comparación de medias de la resistencia a tracción indirecta.

Comparación	Diferencia de medias	¿Mayor que HSD?	¿Significativa?
HDPE – LDPE	0.12	$0.12 < 0.27$	No
HDPE – PP	0.08	$0.08 < 0.27$	No
HDPE – Patrón	0.52	$0.52 > 0.27$	Sí
PP – LDPE	0.20	$0.20 < 0.27$	No
PP – Patrón	0.40	$0.40 > 0.27$	Sí
LDPE – Patrón	0.60	$0.60 > 0.27$	Sí

**Nota.** Prueba de Tukey HSD, valor significativo ( $p < .05$ ).

Los resultados del análisis de varianza indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre al menos uno de los grupos estudiados respecto a su resistencia a la tracción indirecta del concreto a los 28 días. Esto sugiere que el tipo o porcentaje de fibra de polímero incorporada influye de manera significativa en el comportamiento mecánico del concreto, específicamente en su resistencia a la tracción indirecta.

La prueba de Tukey evidenció que las mezclas con fibras de HDPE, LDPE y PP al 1% no presentan diferencias significativas entre sí; sin embargo, todas presentan valores significativamente mayores en comparación con el concreto patrón, siendo el PP el que alcanzó la mayor resistencia promedio.

#### 4.4.5. Contrastación de hipótesis de costo

Se generó el presupuesto empleando el programa de costos y presupuestos de S10, a continuación, se presentará los cuadros detallados del costo unitario para pavimento con fibras de polímeros (HDPE, LDPE, PP) y sin fibras de polímeros.

- ***H<sub>1</sub>: El costo de un pavimento pesado empleando fibra de polímeros HDPE, LDPE y PP es más económico que un pavimento convencional.***
- ***H<sub>0</sub>: El costo de un pavimento pesado empleando fibra de polímeros HDPE, LDPE y PP no es económico que un pavimento convencional.***

**Tabla 20:** Análisis de costo de pavimento rígido sin fibras de polímeros.

Partida	01.02.03.02	(010105013456-0102009-01)	CONCRETO F'C=280 KG/CM2	Costo unitario directo por:			m3	553.006
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO		hh	2,000	28.110	56.220		
0101010004	OFICIAL		hh	1,000	22.080	22.080		
0101010005	PEON		hh	4,000	19.970	79.880		
<b>158.180</b>								
<b>Materiales</b>								
02010300010005	GASOLINA 84 OCTANOS		gal	0,050	14.280	0.714		
02070100010005	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"		m3	0,650	67.800	44.070		
02070200010002	ARENA GRUESA		m3	0,440	61.020	26.849		
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol	11,800	26.200	309.160		
0290130021	AGUA		m3	0,200	1.470	0.294		
<b>381.087</b>								
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		7.909	7.909		
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	0,500	6.360	3.180		
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3		hm	0,500	5.300	2.650		
<b>13.739</b>								

**Nota.** Análisis de costo unitario de pavimento sin fibra

**Tabla 21:** Análisis de costo de pavimento rígido con fibras de polietileno de alta densidad (HDPE)

Partida	01.02.03.02	(010105013456-0102009-01)	CONCRETO F'C=280 KG/CM2(FIBRA HDPE)	Costo unitario directo por:			m3	554.118
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
<b>Mano de Obra</b>								
0101010003	OPERARIO		hh	2,000	28.110	56.220		
0101010004	OFICIAL		hh	1,000	22.080	22.080		
0101010005	PEON		hh	4,000	19.970	79.880		
<b>158.180</b>								
<b>Materiales</b>								
02010300010005	GASOLINA 84 OCTANOS		gal	0,050	14.280	0.714		
0205010002	FIBRA DE HDPE		kg	0,452	2.460	1.112		
02070100010005	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"		m3	0,650	67.800	44.070		
02070200010002	ARENA GRUESA		m3	0,440	61.020	26.849		
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol	11,800	26.200	309.160		
0290130021	AGUA		m3	0,200	1.470	0.294		
<b>382.199</b>								
<b>Equipos</b>								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		7.909	7.909		
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	0,500	6.360	3.180		
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11P3		hm	0,500	5.300	2.650		
<b>13.739</b>								

**Nota.** Análisis de costo unitario de HPDE

**Tabla 22:** Análisis de costo de pavimento rígido con fibras de polietileno de baja densidad (LDPE)

Partida	01.02.03.02	(010105013456-0102009-01)	CONCRETO F'C=280 KG/CM2(FIBRA DE LDPE)	Costo unitario directo por:		m3	553.964
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO		hh	2.000	28.110	56.220	
0101010004	OFICIAL		hh	1.000	22.080	22.080	
0101010005	PEON		hh	4.000	19.970	79.880	
							<b>158.180</b>
<b>Materiales</b>							
02010300010005	GASOLINA 84 OCTANOS		gal	0.050	14.280	0.714	
0205010002	FIBRA DE LDPE		kg	0.452	2.120	0.958	
02070100010005	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"		m3	0.650	67.800	44.070	
02070200010002	ARENA GRUESA		m3	0.440	61.020	26.849	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol	11.800	26.200	309.160	
0290130021	AGUA		m3	0.200	1.470	0.294	
							<b>382.045</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		7.909	7.909	
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	0.500	6.360	3.180	
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11P3		hm	0.500	5.300	2.650	
							<b>13.739</b>

**Nota.** Análisis de costo unitario de LDPE

**Tabla 23:** Análisis de costo de pavimento rígido con fibras de polipropileno (PP)

Partida	01.02.03.02	(010105013456-0102009-01)	CONCRETO F'C=280 KG/CM2(FIBRA DE PP)	Costo unitario directo por:		m3	554.267
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO		hh	2.000	28.110	56.220	
0101010004	OFICIAL		hh	1.000	22.080	22.080	
0101010005	PEON		hh	4.000	19.970	79.880	
							<b>158.180</b>
<b>Materiales</b>							
02010300010005	GASOLINA 84 OCTANOS		gal	0.050	14.280	0.714	
0205010002	FIBRA DE POLIPROPILENO (PP)		kg	0.452	2.790	1.261	
02070100010005	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"-3/4"		m3	0.650	67.800	44.070	
02070200010002	ARENA GRUESA		m3	0.440	61.020	26.849	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol	11.800	26.200	309.160	
0290130021	AGUA		m3	0.200	1.470	0.294	
							<b>382.348</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		7.909	7.909	
03012900010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"		hm	0.500	6.360	3.180	
03012900030004	MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9-11P3		hm	0.500	5.300	2.650	
							<b>13.739</b>

**Nota.** Análisis de costo unitario del PP

El presupuesto del pavimento rígido sin fibras de polímero de espesor 20cm fue de S/.553.0 por metro cubico de concreto. Al adicionar fibras de polietileno de alta densidad (HDPE), fibras de polietileno a baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP) a dosificación óptima (1%) el costo fue S/.554.2, S/.553.9, S/.554.3, respectivamente.

Al realizar una comparación de precios por metro cúbico del pavimento con fibras de HDPE, LDPE y PP respecto al pavimento sin fibras fue de S/.1.2, S/.0.90, S/.1.3.

Realizando la contrastación de hipótesis, se acepta la hipótesis alterna  $H_0$ , ya que, al realizar el análisis de costo unitario, se apreció un incremento de 0.217%, 0.163%, 0.235% respecto al costo del pavimento convencional.

## 5.- CONCLUSION

### 5.1. Conclusiones

- Se logró determinar el comportamiento plástico (trabajabilidad, temperatura y exudado) del concreto fresco, para fibras de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP) a dosificación de 0.5%, 1% y 1.5%. Respecto al Slump se pudo determinar que existe una ligera disminución a medida que incrementa el porcentaje de fibras de polímeros (HDPE, LDPE, PP), de igual manera sucedió con relajación a la temperatura y exudado puesto que existe una disminución de 0.9°C y 7.1ml a dosificación de 1.5% de HDPE y PP respecto a la muestra patrón.
- Se logró determinó la influencia de las fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE, PP) en el comportamiento mecánico, en el ensayo a compresión se determinó que la dosificación óptima fue del 1% para los tres tipos de polímeros reciclados (HDPE, LDPE, PP), a esta dosificación se evidencio un ligero incremento en la resistencia a compresión donde el polipropileno tuvo mayor resistencia respecto a la muestra patrón llegando a 0.76MPa a los 28 días de curado.
- Se determinó la influencia de las fibras de polímeros reciclados (HDPE, LDPE, PP) en la resistencia a flexión. Donde se observó que la dosificación óptima a fue de 1%, a esta dosificación se evidencio un incremento 0.8MPa, 0.10MPa y 1.20MPa para las fibras de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP), con relación a la muestra patrón.
- Se determinó la influencia de las fibras de polímeros reciclados en la resistencia a tracción a dosificación optima (1%), donde se pudo evidencia un incremento de 0.52MPa, 0.40MPa y 0.60MPa para las fibras de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP), con relación a la muestra patrón.
- Respecto al costo de pavimento rígido pesado convencional, se puedo determinar que el consto cuando se emplea fibra de polietileno de alta densidad (HDPE), polietileno de baja densidad (LDPE) y polipropileno (PP) es ligeramente superior en comparación al pavimento convencional

## **5.2. Recomendaciones**

- Se debe ampliar la investigación para lo cual se debe emplear menor y mayor porcentaje de fibras, además se debe emplear diferentes longitudes de fibra para determinar el rango óptimo para el uso del pavimento.
- Cuando se realiza la dosificación y la mezcla reforzada con fibras de polímeros, se aconseja realizar una buena distribución y uniformidad de las fibras para evitar que se forme segregaciones o aglomeraciones, de lo contrario puede ser perjudicial ya que puede afectar la resistencia y durabilidad del material.
- Se debe evaluar otras propiedades como la durabilidad (permeabilidad, abrasión, contracción por secado) y fatiga.
- Se recomienda emplear aditivos como plastificantes para poder mejorar la trabajabilidad del concreto sin incurrir en incremento de relación de agua/cemento.
- Se debe realizar más pruebas de ensayos para resistencia a compresión, flexión y tracción para tener datos que se ajusten a la realidad.
- Se recomienda realizar pruebas piloto en pavimento a escala real, para que se pueda visualizar en comportamiento que confiere las fibras de polímero reciclados (HDPE, LDPE, PP).
- Se recomienda fomentar el empleo de fibras de polímeros reciclados en la construcción de pavimento, ya que ayuda a reducir la contaminación al medio ambiente.

## **5.3. Trabajos futuros**

- En los trabajos posteriores se debería reforzar el pavimento con fibras como poliéster, materiales de vidrio, materia orgánica, escoria de alto horno. Para ver que propiedades plásticas y mecánicas del concreto mejorar.
- Realizar trabajos posteriores relacionado al efecto de fibras (HDPE, LDPE, PP) en la resistencia a flexión del concreto, para evaluar la influencia de fisuras y ductilidad en las losas del pavimento.
- Realizar estudios relacionado a la adherencia que existe entre fibras (HDPE, LDPE, PP) y la pasta del cemento empleando microscopio electrónico de barrido.
- En los trabajos posteriores se debe realizar un análisis de costo beneficio y realizar una evaluación del ciclo de vida (LCA) para poder cuantificar el impacto ecológico y económico frente al concreto convencional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abd Almajeed, S. Q., & Abbas, Z. K. (2024). *Fabrication of sustainable roller-compacted concrete pavement containing plastic waste as fine and coarse aggregate. Engineering, Technology & Applied Science Research, 14*(1), 7882–7887. <https://doi.org/10.48084/etasr.7882>

Abeyasinghe, A. (2021). *Mechanical performance of high-density polyethylene (HDPE) fiber reinforced concrete. International Journal of Engineering Research and Technology, 10*(6), 300–305. <https://doi.org/10.17577/IJERTV10IS060182>

ACI Committee 544. (1996). *State-of-the-art report on fiber reinforced concrete (ACI 544.1R-96)*. American Concrete Institute.

ACI Committee 544. (2021). *Guide for specifying, proportioning, mixing, placing, and finishing fiber reinforced concrete (ACI 544.3R-21)*. American Concrete Institute.

Ahmed, K. A., & Abdulqudos, A. N. (2024). *Recycling plastic waste into eco-friendly concrete: A state of the art review. Journal of Civil Engineering Frontiers, 5*(2), 63–78.

Akindoyo, J. O., Beg, M. D. H., Ghazali, S., & Islam, M. R. (2022). Mechanical and thermal behavior of recycled HDPE composites: A review. *Journal of Polymer Engineering, 42*(6), 509–523. <https://doi.org/10.1515/polyeng-2022-0015>

Akindoyo, J. O., Beg, M. D. H., Ghazali, S., Islam, M. R., Jeyaratnam, N., & Yuvaraj, A. R. (2020). Polymer-based composites for engineering applications: A review. *Construction and Building Materials, 257*, 119–139. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119139>

American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). *AASHTO guide for design of pavement structures*. AASHTO.

American Association of State Highway and Transportation Officials. (2008). *Mechanistic-empirical pavement design guide: A manual of practice*. AASHTO.

American Concrete Institute. (2016). *Guide for conducting a visual inspection of concrete in service (ACI 201.1R-16)*. American Concrete Institute.

American Concrete Institute. (2019). *ACI 211.1-19: Standard practice for selecting proportions for normal, heavyweight, and mass concrete*. American Concrete Institute.

American Concrete Institute. (2022). *2022 ACI collection of concrete codes, specifications, and practices*. American Concrete Institute. [https://matek.ro/american-concrete-institute-releases-2022-aci-collection-of-concrete-codes-specifications-and-practices/?utm\\_source=chatgpt.com](https://matek.ro/american-concrete-institute-releases-2022-aci-collection-of-concrete-codes-specifications-and-practices/?utm_source=chatgpt.com)

Armas Aguilar, C. H. (2022). *Efectos de la adición de fibra de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto hidráulico*. *Ingeniería: ciencia, tecnología e innovación*, 3(2). <https://doi.org/10.26495/icti.v3i2.436>

ASTM International. (2014). *ASTM C232/C232M-14: Standard Test Method for Bleeding of Concrete*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/C0232C0232M-14R19>

ASTM International. (2018). *Standard practice for roads and parking lots pavement condition index surveys (ASTM D6433-18)*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D6433-18>

ASTM International. (2019). *ASTM C136/C136M-19: Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates*. West Conshohocken, PA: ASTM International.

ASTM International. (2020). *ASTM C232/C232M-14: Standard test method for bleeding of concrete*. ASTM International. [https://doi.org/10.1520/C0232\\_C0232M-14](https://doi.org/10.1520/C0232_C0232M-14)

ASTM International. (2021). *ASTM C150/C150M-21: Standard specification for Portland cement*. ASTM International. <https://www.astm.org>

ASTM International. (2021). *ASTM C78/C78M-21: Standard test method for flexural strength of concrete (using simple beam with third-point loading)*. ASTM International. [https://doi.org/10.1520/C0078\\_C0078M-21](https://doi.org/10.1520/C0078_C0078M-21)

ASTM International. (2022). *ASTM C29/C29M-22: Standard test method for bulk density (“unit weight”) and voids in aggregate*. ASTM International.

ASTM International. (2023). *ASTM C138/C138M-23: Standard test method for density (unit weight), yield, and air content (gravimetric) of concrete*. ASTM International. [https://doi.org/10.1520/C0138\\_C0138M-23](https://doi.org/10.1520/C0138_C0138M-23)

ASTM International. (2023). *ASTM C143/C143M-23: Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete*. ASTM International. [https://doi.org/10.1520/C0143\\_C0143M-23](https://doi.org/10.1520/C0143_C0143M-23)

ASTM International. (2023). *ASTM C150/C150M-23: Standard specification for Portland cement*. ASTM International.

Ayoob, A. H. M., & Khan, A. (2025). *Performance evaluation of polypropylene fiber reinforced concrete made with RHA for rigid pavement*. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, 9(2), 679–682. <https://www.ijtsrd.com/engineering/civil-engineering/78506/performance-evaluation-of-polypropylene-fiber-reinforced-concrete-made-with-rha-for-rigid-pavement/abdul-hafeez-mohammad-ayoob>

Bahij, S.; Omary, S.; Feugeas, F.; Faqiri, A. Propiedades frescas y endurecidas del hormigón que contiene diferentes tipos de residuos plásticos: una revisión. *Waste Manag.* 2020, 113, 157–175.

Benyahia, F., Chen, Y., & Rahmani, M. (2024). Recycled HDPE fibers as reinforcement for concrete pavement: Mechanical performance and environmental benefits. *Construction and Building Materials*, 415, 134285. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.134285>

Benyahia, F., Chen, Y., & Rahmani, M. (2024). Recycled polyethylene fibers as reinforcement for concrete pavement: Mechanical performance and environmental assessment. *Construction and Building Materials*, 415, 134285. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.134285>

Benyahia, F., Chen, Y., & Rahmani, M. (2024). Recycled polypropylene fibers for sustainable concrete pavement applications. *Construction and Building Materials*, 417, 134295. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.134295>

Billmeyer, F. W. (2004). *Ciencia de los polímeros* (1.<sup>a</sup> ed., Vol. 1). Editorial Reverté. [https://books.google.com.pe/books?id=vL9QrpOKsQcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=vL9QrpOKsQcC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Boada, M., & Pérez, E. (2011). *Comportamiento a la fatiga de una mezcla de concreto MR-3.5 MPa para pavimento con adición de fibras plásticas* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia].

Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials science and engineering: An introduction* (10th ed.). John Wiley & Sons.

Camacho Pampamallco, A. J., & Espinoza Ingaruca, M. F. (2022). *Aplicación de la fibra de plástico reciclado para el mejoramiento óptimo de pavimento rígido: caso Av. Manuel E. Cordero y Av. Mariscal Castilla-Huancané-Puno* [Tesis de licenciatura, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP. <https://hdl.handle.net/20.500.14138/5998>

Campos Berru, J. O. (2024). *Control de fisuras por retracción plástica en pavimento rígido con adiciones de fibra de alambre reciclado N°16* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. *Repositorio Institucional USAT*. <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/8059>

Carrion Alva, J. C., Cobeñas Vivar, A., Guerrero Rodríguez, I. G., & Loyaga Álvarez, M. Y. (2019). *Factores que generan fisuras en los principales pavimentos rígidos de la Urbanización Paseo del Mar, ciudad de Nuevo Chimbote* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. *Repositorio UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33764>

Caso Quispe, S. W., & De La Cruz Gutiérrez, G. (2021). *Diseño de mezclas asfálticas en caliente modificadas con polímeros reciclados HDPE y SBR, para pavimentos en la ciudad de Huancavelica* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio Institucional UNH. <https://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/3450/TESIS-2021-CASO%20QUISPE%20Y%20DE%20LA%20CRUZ%20GUTIERREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Da Silva, R. R. C., Gonçalves, R., & Bertoldo, C. (2023). *Mechanical properties of concrete produced with coarse aggregates from different mineralogical origins using ultrasonic tests*. *International Journal of Concrete Structures and Materials*, 17, 66. <https://doi.org/10.1186/s40069-023-00630-3>

Das, D. (2025). *Estimation of maximum tensile stress on rigid pavement subject to fluctuating surface temperature*. *Journal of Engineering and Applied Scientific Development (JEASD)*. Recuperado de <https://jeasd.uomustansiriyah.edu.iq/index.php/jeasd/article/view/2796>

Davids, W. G. (2000). *Foundation modeling for jointed concrete pavements*. *Transportation Research Record*. Recuperado de <https://journals.sagepub.com/> (consultado en 2025)

Davids, W. G., Turkiyyah, G. M., & Mahoney, J. P. (1998). *EverFE: Rigid pavement three-dimensional finite element analysis tool*. Transportation Research Record, 1629, 41–49. Recuperado de <https://trid.trb.org/View/541001>

Duraiswamy, S., Neelamegam, P., VishnuPriyan, M., & Alaneme, G. U. (2024). *Impact of plastic waste fiber and treated construction demolition waste on the durability and sustainability of concrete*. *Scientific Reports*, 14(1), 2693. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-86156-y>

EverFE Theory Manual. (n.d.). *EverFE theory manual* [Manual / documentación técnica]. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/245558536\\_Ever\\_F\\_E\\_Rigid\\_Pavement\\_Three-Dimensional\\_Finite\\_Element\\_Analysis\\_Tool](https://www.researchgate.net/publication/245558536_Ever_F_E_Rigid_Pavement_Three-Dimensional_Finite_Element_Analysis_Tool).

Federal Highway Administration. (2014). *Pavement distress manual: Distress identification for pavements*. U.S. Department of Transportation.

Flores Nicolás, A., Menchaca Campos, E. C., Flores Nicolás, M., Martínez González, J. J., González Noriega, O. A., & Uruchurtu Chavarín, J. (2024). *Influence of recycled high-density polyethylene fibers on the mechanical and electrochemical properties of reinforced concrete*. *Fibers*, 12(3), 24. <https://doi.org/10.3390/fib12030024>

Gad, M. S., Ahmed, M. M., Raza, A., & Alghamdi, H. (2024). A comprehensive review on the utilization of recycled waste fibers in cement-based composites. *Journal of Materials Circular Economy*, 6(1), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s43939-024-00150-1>

Gao, L., Lv, Y., & Chen, Y. (2025). *Effect of demolished concrete aggregates on properties of concrete: Experimental and predictive study*. *Innovative Infrastructure Solutions*, 10, 230. <https://doi.org/10.1007/s44290-025-00230-y>

González, A. (2005). *Tecnología del concreto*. Editorial Limusa.

González, L., & Torres, P. (2025). Reutilización de polímeros reciclados en concretos sostenibles: Revisión y aplicaciones en pavimentos rígidos. *Revista Latinoamericana de Materiales de Construcción*, 12(1), 45–59.

Gowripalan, N., & Gilbert, R. I. (2020). *Behaviour of fibre reinforced concrete in tension*. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 32(9), 04020231.

Huamán, R., & Villanueva, D. (2023). *Influencia de la adición de plástico reciclado HDPE en las propiedades físicas y mecánicas del concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo].

Huang, Y. H. (2004). *Pavement analysis and design* (Vol. 2, pp. 401-409). Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.

Huseien, G. F., Ismail, M., & Sam, A. R. M. (2024). *Workability, mechanical, durability and sustainability assessment of concrete using secondary treated waste water, fly ash, and sodium nitrite*. *Water Science & Technology*, 90(7), 1931–1943. <https://doi.org/10.2166/wst.2024.166>

INACAL. (2017). *NTP 339.078: Concreto. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo* (3.<sup>a</sup> ed.). INACAL.

INACAL. (2018). *NTP 339.077: Concreto. Métodos de ensayo normalizados para exudación del concreto* (3.<sup>a</sup> ed.). Instituto Nacional de Calidad – INACAL.

INACAL. (2019). *NTP 339.088: Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland — Requisitos* (3.<sup>a</sup> ed.). INACAL

INACAL. (2021). *NTP 339.034: Concreto. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas* (5.<sup>a</sup> ed.). Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Concreto. (2009). *Manual de tecnología del concreto* (2.<sup>a</sup> ed.). Instituto Ecuatoriano del Cemento y del Concreto. <https://www.ieconcret.ec/>

Instituto Nacional de Calidad – INACAL. (2022). *NTP 339.034:2022. Concreto. Determinación de la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios de la distancia entre apoyos. Método de ensayo* (4.<sup>a</sup> ed.). INACAL.

INACAL. (2015). *NTP 339.035: Hormigón (concreto). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland* (4<sup>a</sup> ed.). <https://tiendavirtual.inacal.gob.pe>

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2015). *NTP 339.035: Hormigón (concreto). Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland* (4ª ed.). INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2016). *NTP 339.034:2016. Concreto: Método de diseño de mezcla*. INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2018). *NTP 339.184: Concreto. Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto* (2ª ed.). INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2018). *NTP 400.037: Agregados para concreto – Requisitos* (3ª ed.). INACAL. ([scribd.com](https://www.scribd.com))

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *NTP 334.009:2021. Cemento Portland – Especificaciones*. INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *NTP 400.012: Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino y grueso – Método de ensayo* (4ª ed.). INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *NTP 400.012:2021. Agregados Determinación del contenido de humedad*. INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *NTP 400.017:2021. Agregados Determinación del peso unitario y vacíos*. INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *NTP 400.021:2021. Agregados Determinación de la absorción de agua*. INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *NTP 400.037:2021. Agregados para concreto – Especificaciones* (5ª ed.). Lima, Perú: INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2021). *NTP 400.037:2021. Agregados para concreto – Especificaciones* (5ª ed.). Lima, Perú: Autor. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-ingenieria/tecnologia-de-la-construccion/ntp-400037-2021/98670298>

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2022). *NTP 334.001: Cementos — Terminología relacionada al cemento hidráulico y otros cementos inorgánicos* (5ª ed.). INACAL.

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2022). *NTP 339.084:2022. Concreto: Determinación de la resistencia a tracción indirecta del concreto (método de compresión diametral)*. INACAL.

Instituto Nacional de Calidad. (2021). *NTP 400.037:2021. Agregados para concreto – Especificaciones* (5.ª ed.). Lima, Perú: INACAL. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-ingenieria/tecnologia-de-la-construccion/ntp-400037-2021/98670298>

Jagadesh, P., Suresh, G., & Thirumalini, S. (2024). *Mechanical and durability performance of recycled coarse aggregate concrete with supplementary cementitious materials*. *Case Studies in Construction Materials*, 21, e02519. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e02519>

Kos, Ž., Kroviakov, S., Mishutin, A., & Poltorapavlov, A. (2023). *An experimental study on the properties of concrete and fiber-reinforced concrete in rigid pavements*. *Materials*, 16(17), 5886. <https://doi.org/10.3390/ma16175886>

Kosmatka, S. H., Kerkhoff, B., & Panarese, W. C. (2021). *Design and control of concrete mixtures* (17th ed.). Portland Cement Association.

Kosmatka, S., Kerkhoff, B., Panarese, W., & Tanesi, J. (2004). *Diseño y control de mezcla de concreto* (1.ª ed.).

Kumar, A., Singh, R., & Patel, S. (2023). Properties and applications of low-density polyethylene and its recycled derivatives. *Materials Today: Proceedings*, 80(2), 233–241. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.025>

Leiva, J. H. (2019). *Aplicación de la fibra de polipropileno macro sintética estructural para mejorar las propiedades del concreto en el pavimento rígido de la Av. Gerardo Unger, Los Olivos, Lima 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/48896>

Li, W., Zhang, H., & Zhao, T. (2023). Circular use of plastic wastes in cement-based materials: An overview of performance and sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 411, 137043. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137043>

Li, X., Zhang, Y., & Chen, P. (2022). Effect of polymer fibers on the mechanical properties of asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 322, 126459. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.126459>

Lone, A., & Singh, B. (2023). *Use of discrete fiber in rigid road pavement*. *International Journal of Innovative Research in Engineering & Management*, 10(6), 83–88. <https://acspublisher.com/journals/index.php/ijirem/article/view/10166>

López, J. (2014). *Propiedades mecánicas del concreto modificado a base de fibras de nylon y polipropileno para su uso en elementos estructurales*. Guatemala.

Malagavelli, V.; Patura, N.R. Strength characteristics of concrete using solid waste an experimental investigation. *Int. J. Earth Sci. Eng.* 2011, 4, 937–940.

Małek, M., Jackowski, M., Łasica, W., Kadela, M., & Wachowski, M. (2020). *Characteristics of recycled polypropylene fibers as an addition to concrete fabrication based on Portland cement*. *Materials*, 13(8), 1827. <https://doi.org/10.3390/ma13081827>

Martínez González, J. J., Flores Nicolás, A., Menchaca Campos, E. C., Flores Nicolás, M., González Noriega, O. A., & Uruchurtu Chavarín, J. (2024). *Influence of recycled high-density polyethylene fibers on the mechanical and electrochemical properties of reinforced concrete*. *Fibers*, 12(3), 24. <https://doi.org/10.3390/fib12030024>

Martínez, J. M. G., Taranco, J., Laguna, O., & Collar, E. P. (1994). Modification of polypropylene by maleic anhydride. *International Polymer Processing*, 9(3), 246–251.

Mashaan, N. S., & Ouano, C. A. E. (2025). *An investigation of the mechanical properties of concrete with different types of waste plastics for rigid pavements*. *Construction and Building Materials*, 405, 133419. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.133419>

Medina Sánchez, I. (2022). *Análisis de fisuras en concreto f'c 210 kg/cm<sup>2</sup> adicionando fibras de polipropileno en pavimento rígido en Puerto Maldonado* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. *RENATI*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/renati/217939>

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2022). *Concrete: Microstructure, properties, and materials* (5th ed.). McGraw-Hill Education.

Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2019). *Concrete* (3rd ed.). Pearson Education.

Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2022). *Concrete* (3rd ed.). Prentice Hall.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos* (MTC E.070). Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. <https://www.gob.pe/mtc>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Mohammed, A. A., & Rahman, M. M. (2024). *An advance study of recycled PP, HDPE and PET fibers with the application of machine learning to enhance concrete compressive strength*. In *Proceedings of the International Conference on Civil Engineering* (pp. 1–8). ResearchGate.

Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2021). *Concrete technology* (3rd ed.). Pearson Education.

Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2022). *Concrete technology* (3rd ed.). Pearson Education Limited.

Portland Cement Association. (1984). *Título del documento*. Portland Cement Association.

Portland Cement Association. (2018). *Concrete pavement distress: Identification and solutions*. Portland Cement Association.

Programa de Ingeniería Civil. (2012). *Diseño de pavimento flexible y rígido* [Documento en línea]. [https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29\\_03-02-0798398.pdf](https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-04-29_03-02-0798398.pdf)

Quispe, W. (2019). *Incidencia de fibras de polipropileno en la durabilidad del concreto simple, aplicado en pavimentos rígidos livianos*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga]. Recuperado de <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3906>

Ravi, P., Natarajan, C., & Kalidass, A. (2022). Mechanical performance of concrete incorporating treated recycled polymer fibers. *Journal of Building Engineering*, 54, 104678. <https://doi.org/10.1016/j.job.2022.104678>

Reyes Millones, L. A. (2023). *Influencia de la fibra de polipropileno en la resistencia a la compresión del concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  para pavimento rígido, Nuevo Chimbote – 2023* [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. *Repositorio UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/155433>

Rojas, C., & Martínez, J. (2024). Caracterización térmica y mecánica del polietileno de alta densidad reciclado. *Ingeniería y Desarrollo*, 42(3), 89–101.

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción – SENCICO. (2010). *NTP CE. 010: Pavimentos urbanos. Reglamento Nacional de Edificaciones* (1ª ed.). SENCICO.

Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO) / Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS). (2019). *NTP E.060: Concreto armado – Reglamento Nacional de Edificaciones*. SENCICO / MVCS. <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225> normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne

Siddique, R., Khatib, J., & Kaur, I. (2021). *Use of recycled plastic in concrete: A review*. *Waste Management*, 127, 321–335. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.05.024>

Siguas, M. F., Huamán, D., & Vargas, R. (2024). Influencia de fibras poliméricas recicladas en las propiedades mecánicas del concreto para pavimentos rígidos. *Revista de Ingeniería Civil del Perú*, 12(2), 33–47.

Song, P. S., Hwang, S., & Sheu, B. C. (2005). *Strength properties of nylon- and polypropylene-fiber-reinforced concretes*. *Cement and Concrete Research*, 35(8), 1546–1550. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2004.06.033>

STM International. (2023). *ASTM C39/C39M-23: Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*. ASTM International. [https://doi.org/10.1520/C0039\\_C0039M-23](https://doi.org/10.1520/C0039_C0039M-23)

Tiwari, R., & Singh, R. (2023). *Effect of recycled polymer fibres on the tensile and flexural properties of sustainable concrete*. *Construction and Building Materials*, 384, 131515.

Umasabor, R. I., Aigbavboa, C. O., & Akinbile, B. (2024). Studies on partial replacement of waste HDPE and polypropylene plastic with fine aggregate on mechanical and flexural properties of concrete. *Discover Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1007/s44290-024-00007-9>

Unión Andina de Cementos S.A.A. (2021). *MSDS – Hoja de datos de seguridad del material: Cemento Andino Tipo I* [Hoja de datos de seguridad]. UNACEM. <https://unacem.pe/wp-content/uploads/2023/02/02.-MSDS-CEMENTO-ANDINO-TIPO-I.pdf>

Wani, T.; Pasha, SAQ; Poddar, S.; Balaji, HV. Una revisión sobre el uso de polietileno de alta densidad (HDPE) en mezclas de hormigón. *Int. J. Eng. Res. Technol.* 2020, V9, 861–864.

Youssf, O., ElGawady, M. A., Mills, J. E., & Ma, X. (2023). Mechanical performance of concrete containing recycled plastic waste fibers. *Sustainability*, 12(21), 9060. <https://doi.org/10.3390/su12219060>

Zhao, Q., Li, H., & Zhang, T. (2023). Catalytic polymerization and structural control of high-density polyethylene. *Polymer Science Advances*, 35(2), 210–225. <https://doi.org/10.1016/j.polyadv.2023.210225>

Zhao, Q., Li, H., & Zhang, T. (2023). Comparative study of PP, HDPE, and LDPE polymers: Structure, properties, and applications. *Polymer Science Advances*, 35(2), 210–225. <https://doi.org/10.1016/j.polyadv.2023.210225>

# ANEXO A

## 1.- Análisis granulométrico de agregado fino



Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto,  
Elaboración de Expedientes Técnicos de Ingeniería Civil, Ambiental,  
Ejecución, Supervisión de Obras Civiles y Peritajes.

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM C-136 (AGREGADO FINO)

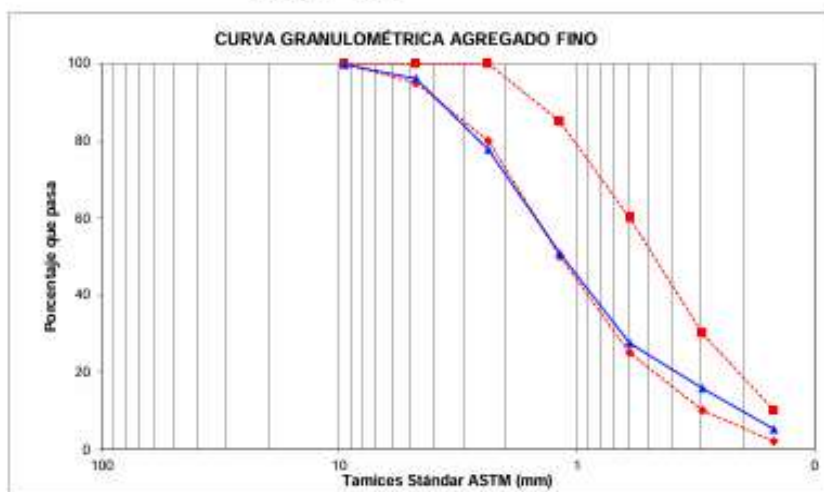
**NORMA** : ASTM C-136  
**CANTERA** : LA MODERNA  
**MUESTRA** : AGREGADO FINO  
**UBICACIÓN** : LA MODERNA  
**FECHA** : MARZO DE 2025

**SOLICITA** : STIVEN MOLINA NAVARRO  
**OBRA** : TESIS

**% DE FINOS** : 5.15%  
**% HUMEDAD** : 1.29%  
**% ABSORCIÓN** : 1.61%  
**M. F.** : 3.27

**PESO LAVADO SECO** : 2204.85 Grs

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		PORCENTAJES ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C-136	
		(GRS)	(%)	RETENIDOS	QUE PASAN		
2"	50.000						
1 1/2"	38.100						
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.525	4.55	0.21	0.21	<b>99.79</b>	100	100
Nº 4	4.760	80.10	3.63	3.84	<b>96.16</b>	95	100
Nº 8	2.360	407.70	18.49	22.33	<b>77.67</b>	80	100
Nº 16	1.180	593.57	26.92	49.25	<b>50.75</b>	50	85
Nº 30	0.600	512.25	23.23	72.48	<b>27.52</b>	25	60
Nº 50	0.296	259.67	11.78	84.26	<b>15.74</b>	10	30
Nº 100	0.148	233.45	10.59	94.85	<b>5.15</b>	2	10
Nº 200	0.074	0.00	0.00	94.85	<b>5.15</b>		
Lavado		0.00	0.00	94.85	<b>5.15</b>		
FONDO	0.000	71.35	3.24	98.09	<b>1.91</b>		
		2162.64	98.09				



## 2.- Análisis granulométrico de agregado grueso



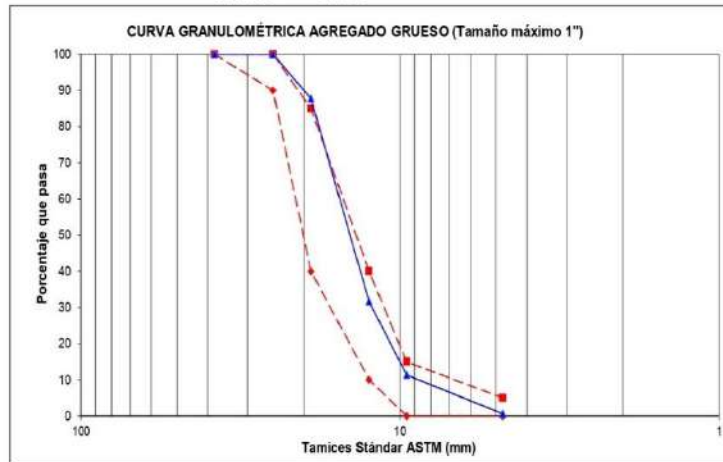
Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto,  
Elaboración de Expedientes Técnicos de Ingeniería Civil, Ambiental,  
Ejecución, Supervisión de Obras Civiles y Peritajes.

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM C-136 (AGREGADO GRUESO T.M. 3/4")

NORMA : ASTM C-136 SOLICITA : STIVEN MOLINA NAVARRO  
CANTERA : LA MODERNA OBRA : TESIS  
MUESTRA : AGREGADO GRUESO  
UBICACIÓN : LA MODERNA  
FECHA : MARZO DE 2025

PESO INICIAL SECO : 2,617.38 GRS. % HUMEDAD : 1.67%  
% ABSORCION : 2.24%  
M. F. : 6.69

MALLAS	ABERTURA (mm)	MATERIAL RETENIDO		PORCENTAJES ACUMULADOS		ESPECIFICACIONES ASTM C-136	
		(GRS)	(%)	RETENIDOS	QUE PASAN		
2"	50.000						
1 1/2"	38.100				100.00	100	100
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	90	100
3/4"	19.000	319.50	12.21	12.21	87.79	40	85
1/2"	12.500	1469.16	56.13	68.34	31.66	10	40
3/8"	9.525	530.65	20.27	88.61	11.39	0	15
Nº 4	4.760	282.50	10.79	99.41	0.59	0	5
Nº 8	2.360	0.00	0.00				
Nº 16	1.180						
Nº 30	0.800						
Nº 50	0.296						
Nº 100	0.148						
FONDO	0.000	2.07	0.08				
		2,603.88	99.48				



ALVARADO JULIAN SANCHEZ  
INGENIERO CIVIL  
C.I.E. N° 039508

### 3.- Peso unitario compacto seco



Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto,  
Elaboración de Expedientes Técnicos de Ingeniería Civil, Ambiental,  
Ejecución, Supervisión de Obras Civiles y Peritajes.

#### PESO UNITARIO DE AGREGADOS ASTM C-29

ENSAYO : PESO UNITARIO SUELTO SOLICITA : STIVEN MOLINA NAVARRO  
NORMA : ASTM C-29 OBRA : TESIS  
CANTERA : LA MODERNA  
MUESTRA : AGREGADOS GRUESO Y FINO  
UBICACIÓN : LA MODERNA  
FECHA : MARZO DE 2025

#### PESO UNITARIO COMPACTADO SECO

Agregado	Fino		
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Tamaño máximo	-----		
Número de ensayo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
1) Peso molde (gr)	7,018.00	7,018.00	7,018.00
2) Peso Agregado compactado + molde (gr)	23,522.00	23,491.00	23,562.00
3) Peso Agregado compactado (gr) = (2) - (1)	16.504	16.473	16.544
4) Ø interno molde (cm)	22.70	22.70	22.70
5) Altura interna molde (cm)	22.70	22.70	22.70
6) Volumen molde = $\pi \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m <sup>3</sup> )	0.009187	0.009187	0.009187
7) Peso Unitario Seco Compactado = (3) / (6) (Kg/m <sup>3</sup> )	1,796.47	1,793.10	1,800.83
<b>Promedio</b>	<b>1,796.80 KG/M3</b>		

#### PESO UNITARIO COMPACTADO SECO

Agregado	Grueso		
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Tamaño máximo nominal	3/4"		
Número de ensayo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
1) Peso molde (gr)	7,018.00	7,018.00	7,018.00
2) Peso Agregado compactado + molde (gr)	21,013.00	21,040.00	21,090.00
3) Peso Agregado compactado (gr) = (2) - (1)	13.995	14.022	14.072
4) Ø interno molde (cm)	22.70	22.70	22.70
5) Altura interna molde (cm)	22.70	22.70	22.70
6) Volumen molde = $\pi \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m <sup>3</sup> )	0.009187	0.009187	0.009187
7) Peso Unitario Seco Compactado = (3) / (6) (Kg/m <sup>3</sup> )	1,523.37	1,526.31	1,531.75
<b>Promedio</b>	<b>1,527.14 KG/M3</b>		



### 4.- Peso unitario suelta seco



Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto,  
Elaboración de Expedientes Técnicos de Ingeniería Civil, Ambiental,  
Supervisión de Obras Civiles y Peritajes.

#### PESO UNITARIO DE AGREGADOS ASTM C-29

ENSAYO : PESO UNITARIO SUELTO SOLICITA : STIVEN MOLINA NAVARRO  
NORMA : ASTM C-29 OBRA : TESIS  
CANTERA : LA MODERNA  
MUESTRA : AGREGADOS GRUESO Y FINO  
UBICACIÓN : LA MODERNA  
FECHA : MARZO DE 2025

#### PESO UNITARIO SUELTO SECO

Agregado	Fino		
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Tamaño máximo	-----		
Número de ensayo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
1) Peso molde (gr)	7,018.00	7,018.00	7,018.00
2) Peso Agregado + molde (gr)	22,645.00	22,630.00	22,684.00
3) Peso Agregado suelto (gr) = (2) - (1)	15.627	15.612	15.666
4) Ø interno molde (cm)	22.70	22.70	22.70
5) Altura interna molde (cm)	22.70	22.70	22.70
6) Volumen molde = $\pi \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m <sup>3</sup> )	0.009187	0.009187	0.009187
7) Peso Unitario Suelto Seco = (3) / (6) (Kg/m <sup>3</sup> )	1,701.01	1,699.38	1,705.26
<b>Promedio</b>	<b>1,701.88 KG/M3</b>		

#### PESO UNITARIO SUELTO SECO

Agregado	Grueso		
	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
Tamaño máximo Nominal	3/4"		
Número de ensayo	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
1) Peso molde (gr)	7,018.00	7,018.00	7,018.00
2) Peso Agregado + molde (gr)	20,207.00	20,262.00	20,297.00
3) Peso Agregado suelto (gr) = (2) - (1)	13.189	13.244	13.279
4) Ø interno molde (cm)	22.70	22.70	22.70
5) Altura interna molde (cm)	22.70	22.70	22.70
6) Volumen molde = $\pi \cdot (4)^2 / 4 \cdot (5)$ (m <sup>3</sup> )	0.009187	0.009187	0.009187
7) Peso Unitario Suelto Seco = (3) / (6) (Kg/m <sup>3</sup> )	1,435.63	1,441.62	1,445.43
<b>Promedio</b>	<b>1,440.89 KG/M3</b>		



## 5.- diseño de mezcla de acuerdo al método ACI



Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Elaboración de Expedientes Técnicos de Ingeniería Civil, Ambiental, Ejecución, Supervisión de Obras Civiles y Peritajes.

### DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO - METODO DEL ACI

SOLICITA STIVEN MOLINA NAVARRO  
 REALIZADO POR  
 RESISTENCIA DEL CONCRETO 280 Kg/cm<sup>2</sup>  
 FECHA Ayacucho, MARZO DEL 2025

DATOS GENERALES DE LA OBRA  
 Proyecto

Estructuras  
 Tipo de exposición al clima Moderado  
 Muestras Agregados CANTERA LA MODERNA

Tipo de cemento a utilizar Cemento Tipo I  
 Se usará aire incorporado No  
 Resistencia a la compresión simple (Kg/cm<sup>2</sup>) 280.00  
 Resistencia promedio requerida (Kg/cm<sup>2</sup>) 364.00

MATERIALES	CEMENTO	ARENA	PIEDRA
Peso específico	3.12	2.67	2.69
PUSC		1,701.88	1,440.89
PUCS		1,796.80	1,527.14
% Humedad		1.29	1.67
% Absorción		1.61	1.74
Modulo de Fineza		3.37	6.69

TAMAÑO MAXIMO	1"
SLUMP (Tabla 2.02) MEDIA PLASTICA	3" a 4"
W/C (Tabla 2.04)	0.39
VOLUMEN UNITARIO AGUA (Tabla 2.03)	195
VOLUMEN ABSOLUTO AGREGADO GRUESO (Tabla 2.05) POR UNID. DE VOLUMEN DE CONCRETO	0.65
% AIRE INCORPORADO (Tablas 2.06 y 2.07)	1.50

FACTOR CEMENTO:  
 12.13 Bolsas de cemento/m<sup>3</sup> de c<sup>a</sup>  
 CEMENTO = 500.00 kg

#### VOLUMEN ABSOLUTO

CEMENTO	0.160
AGUA	0.195
AIRE	0.015
GRAVA	0.370
ARENA	0.260
	-----
	1.000

#### MATERIALES POR METRO CUBICO DE CONCRETO f<sub>c</sub> = 280 Kg/cm<sup>2</sup>

CEMENTO	500.00 Kg/m <sup>3</sup>
AGUA	195.00 Kg/m <sup>3</sup>
GRAVA	992.64 Kg/m <sup>3</sup>
ARENA	693.23 Kg/m <sup>3</sup>
total	2,380.87

*Alvarado Julian Jaime*  
 ALVARADO JULIAN JAIME  
 INGENIERO CIVIL  
 CIE N° 339508

**MATERIALES CORREGIDOS (Humedad) POR METRO CUBICO DE CONCRETO**

		VOLUM. APARENT. MATER.
CEMENTO	500 Kg/m3	11.8 ft3
AGUA EFECTIVA	198 Kg/m3	ft3
GRAVA	1,009 Kg/m3	24.7 ft3
ARENA	702 Kg/m3	14.6 ft3
total	2,409.31 kg/m3	

	CEMENTO	ARENA	PIEDRA	AGUA
PROPORCION EN PESO	1	1.40	2.02	0.40
PROPORCION EN VOLUMEN	1	1.21	2.05	16.82

**PROPORCION POR BOLSA DE CEMENTO (VOLUMEN)**

CEMENTO : 42.50Kg	HDPE(0.5%) :0.21Kg	HDPE(1%) :0.425Kg	HDPE(1.5%) :0.638Kg
AGUA : 6.82 Lts	LDPE(0.5%) :0.21Kg	LDPE(1%) :0.425Kg	LDPE(1.5%) :0.638Kg
GRAVA :87.10 Kg	PP(0.5%) :0.21Kg	PP(1%) :0.425Kg	PP(1.5%) :0.638Kg
ARENA : 51.50 Kg			

**CANTIDADES A UTILIZAR EN LABORATORIO (Desperdicios 20 %)**

Materiales	TM Ø 1"			
	1 Probeta	2 Probetas	3 Probetas	4 Probetas
Cemento (Kg)	3.18	6.36	9.54	12.72
Arena (Kg)	4.47	8.93	13.40	17.88
Piedra (Kg)	6.42	12.84	19.26	25.68
Agua (cm3)	1,258.49	2,516.98	3,775.48	5,033.95

**DOSIFICACION POR CARMIX DE 3 .0m3 y 3.5 m3**

Materiales	TM 1	TM 1		
	1 CARMIX 3 M3	1 CARMIX 3.6 M3		
Cemento (Kg)	1,575.00	1,837.50		
Arena (Kg)	2,211.85	2,580.49		
Piedra (Kg)	3,179.16	3,709.02		
Agua (kg)	623.31	727.19		
SUM	7,589.3	8,854.2		

OBSERVACION: Se recomienda verificar el DISEÑO, con la toma de 06 especimenes en coladas preparadas con la dosificacion indicada, con agregados acumulados en Obra y realizar ensayos de resistencia a la compresion simple.

*Alvaro Julian Jaime*  
**ALVARO JULIAN JAIME**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.I.E. N° 339508



## 6.- Ensayo plástico de concreto fresco



Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Elaboración de Expedientes Técnicos de Ingeniería Civil, Ambiental, Ejecución, Supervisión de Obras Civiles y Peritajes.

Tesis:

Influencia de fibras de polímero reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022

UBICACIÓN: Urb. José Ortiz Vergara -Huamanga Ayacucho

SOLICITA: Molina Navarro, Stiven A.

FECHA: 17- ABRIL-2025/18-ABRIL-2025

Fibras de polímeros	Asentamiento en plg			
	0.00%	0.50%	1.00%	1.5%
HDPE	-	3.8	3.5	3.1
LDPE	-	3.9	3.7	3.5
PP	-	3.7	3.4	3
Patón	4.2	-	-	-
Fibras de polímeros	Temperatura (°C)			
	0.00%	0.5%	1.00%	1.5%
HDPE	-	17.5	17.1	16.7
LDPE	-	17.2	17	16.8
PP	-	17.3	17.1	16.9
Patón	17.6	-	-	-
Fibras de polímeros	Exudado del concreto (ml)			
	0.00%	0.5%	1.00%	1.5%
HDPE	-	20	19.2	18.6
LDPE	-	22.2	20.1	19.2
PP	-	19.3	18.7	18.1
Patón	25.2	-	-	-



## 07.- Ensayo de tracción indirecta (NLT – 346/90)



Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Elaboración de Expedientes Técnicos de Ingeniería Civil, Ambiental, Ejecución, Supervisión de Obras Civiles y Peritajes.

Tesis:

Influencia de fibras de polímero reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022

UBICACIÓN: Urb. José Ortiz Vergara -Huamanga Ayacucho

SOLICITA: Molina Navarro, StivenA.

FECHA: 20- JULIO-2025

ENSAYO DE TRACCIÓN INDIRECTA (NLT - 346/90)							
PROBETA	Edad (días)	Peso(gr)	Altura(mm)	Área(mm <sup>2</sup> )	Carga(KN)	Resistencia(kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia(MPa)
P1(PATRON)	28	13389	301	17,671.46	51.247	29.57	2.90
P2(PATRON)	28	13172	300	17,671.46	48.420	27.94	2.74
P3(PATRON)	28	13145	299	17,671.46	45.946	26.51	2.60
P4(HDPE 1%)	28	13480	302	17,671.46	57.432	33.14	3.25
P5(HDPE 1%)	28	13175	300	17,671.46	56.902	32.83	3.22
P6(HDPE 1%)	28	12807	298	17,671.46	59.200	34.16	3.35
P7(LDPE 1%)	28	13395	301	17,671.46	54.782	31.61	3.10
P8(LDPE 1%)	28	12815	298	17,671.46	54.782	31.61	3.10
P9(LDPE 1%)	28	13489	302	17,671.46	57.432	33.14	3.25
P10(PP1%)	28	12810	298	17,671.46	58.316	33.65	3.30
P11(PP1%)	28	13180	300	17,671.46	60.437	34.87	3.42
P12(PP1%)	28	13399	301	17,671.46	59.023	34.06	3.34



## 8.- Ensayo a compresión (ASTM C39) a los 14 días de curado



Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Elaboración de Expedientes Técnicos de Ingeniería Civil, Ambiental, Ejecución, Supervisión de Obras Civiles y Peritajes.

Tesis:

Influencia de fibras de polímero reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022

UBICACIÓN: Urb. José Ortiz Vergara -Huamanga Ayacucho

SOLICITA: Molina Navarro, Stiven A.

FECHA: 17- ABRIL-2025/18-ABRIL-2025

### ENSAYO DE COMPRESIÓN(ASTM C39)

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 14 DÍAS							
PROBETA	EDAD(días)	PESO (gr)	ALTUR A(mm)	ÁREA(mm <sup>2</sup> )	CARGA(KN)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA A(MPa)
P1(PATRON)	14	13280	301	17,671.46	417.048	240.65	23.6
P2(PATRON)	14	13390	302	17,671.46	415.28085	239.63	23.5
P3(PATRON)	14	13045	299	17,671.46	413.5137	238.61	23.4
P4(HDPE 0.5%)	14	13280	300	17,671.46	402.91078	232.50	22.8
P5(HDPE 0.5%)	14	13270	301	17,671.46	404.67794	233.52	22.9
P6(HDPE 0.5%)	14	13078	300	17,671.46	406.44509	234.54	23
P7(HDPE 1%)	14	12710	298	17,671.46	422.34946	243.71	23.90
P8(HDPE 1%)	14	13072	300	17,671.46	427.65092	246.77	24.20
P9(HDPE 1%)	14	12715	298	17,671.46	431.18523	248.81	24.40
P10(HDPE 1.5%)	14	13079	300	17,671.46	401.14363	231.48	22.70
P11(HDPE 1.5%)	14	13048	299	17,671.46	395.84217	228.42	22.40
P12(HDPE 1.5%)	14	13062	300	17,671.46	399.37648	230.46	22.60
P13(LDPE 0.5%)	14	13288	301	17,671.46	404.67794	233.52	22.90
P14(LDPE 0.5%)	14	13275	301	17,671.46	402.91078	232.50	22.80
P15(LDPE 0.5%)	14	13395	302	17,671.46	399.37648	230.46	22.60
P16(LDPE 1%)	14	13077	300	17,671.46	404.67794	233.52	22.90
P17(LDPE 1%)	14	12709	298	17,671.46	406.44509	234.54	23.00
P18(LDPE 1%)	14	13045	299	17,671.46	408.21224	235.56	23.10
P19(LDPE 1.5%)	14	13280	301	17,671.46	402.91078	232.50	22.80
P20(LDPE 1.5%)	14	13280	301	17,671.46	390.54072	225.36	22.10
P21(LDPE 1.5%)	14	13079	300	17,671.46	399.37648	230.46	22.60
P22(PP0.5%)	14	12717	298	17,671.46	413.5137	238.61	23.40
P23(PP0.5%)	14	13062	300	17,671.46	409.97939	236.58	23.20
P24(PP0.5%)	14	12708	298	17,671.46	408.21224	235.56	23.10
P25(PP1%)	14	13075	300	17,671.46	429.41807	247.79	24.30
P26(PP1%)	14	13056	299	17,671.46	436.48668	251.87	24.70
P27(PP1%)	14	13070	300	17,671.46	422.34946	243.71	23.90
P28(PP1.5%)	14	12710	298	17,671.46	409.97939	236.58	23.20
P29(PP1.5%)	14	13040	299	17,671.46	404.67794	233.52	22.90
P30(PP1.5%)	14	13285	301	17,671.46	406.44509	234.54	23.00



## 9.- Ensayo a compresión (ASTM C39) a los 21 días de curado



Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Elaboración de Expedientes Técnicos de Ingeniería Civil, Ambiental, Ejecución, Supervisión de Obras Civiles y Peritajes.

Tesis:

Influencia de fibras de polímero reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022

UBICACIÓN: Urb. José Ortiz Vergara -Huamanga Ayacucho

SOLICITA: Molina Navarro, StivenA.

FECHA: 01- MAYO-2025/02-MAYO-2025

### ENSAYO DE COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 21 DÍAS							
PROBETA	EDAD(días)	PESO (gr)	ALTUR A(mm)	ÁREA(mm <sup>2</sup> )	CARGA(KN)	RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA (MPa)
P1(PATRON)	21	13380	300	17,671.46	461.22682	266.15	26.10
P2(PATRON)	21	13140	299	17,671.46	448.85675	259.01	25.40
P3(PATRON)	21	13170	300	17,671.46	445.32245	256.97	25.2
P4(HDPE 0.5%)	21	12810	298	17,671.46	434.71953	250.85	24.60
P5(HDPE 0.5%)	21	13385	301	17,671.46	443.55529	255.95	25.10
P6(HDPE 0.5%)	21	13490	302	17,671.46	445.32245	256.97	25.20
P7(HDPE 1%)	21	13177	300	17,671.46	455.57193	262.88	25.78
P8(HDPE 1%)	21	12811	298	17,671.46	465.11455	268.39	26.32
P9(HDPE 1%)	21	13145	299	17,671.46	467.05842	269.51	26.43
P10(HDPE 1.5%)	21	12808	298	17,671.46	427.65092	246.77	24.20
P11(HDPE 1.5%)	21	13370	301	17,671.46	436.48668	251.87	24.70
P12(HDPE 1.5%)	21	13172	300	17,671.46	432.95238	249.83	24.50
P13(LDPE 0.5%)	21	13385	301	17,671.46	438.25384	252.89	24.80
P14(LDPE 0.5%)	21	13388	301	17,671.46	434.71953	250.85	24.60
P15(LDPE 0.5%)	21	12810	298	17,671.46	440.02099	253.91	24.90
P16(LDPE 1%)	21	13179	300	17,671.46	438.25384	252.89	24.80
P17(LDPE 1%)	21	13495	302	17,671.46	450.6239	260.03	25.50
P18(LDPE 1%)	21	12815	298	17,671.46	447.0896	257.99	25.30
P19(LDPE 1.5%)	21	13141	299	17,671.46	432.95238	249.83	24.50
P20(LDPE 1.5%)	21	13139	299	17,671.46	422.34946	243.71	23.90
P21(LDPE 1.5%)	21	12815	298	17,671.46	427.65092	246.77	24.20
P22(PP0.5%)	21	13130	299	17,671.46	454.15821	262.07	25.70
P23(PP0.5%)	21	12810	298	17,671.46	448.85675	259.01	25.40
P24(PP0.5%)	21	13380	301	17,671.46	445.32245	256.97	25.20
P25(PP1%)	21	13162	300	17,671.46	463.87755	267.68	26.25
P26(PP1%)	21	13370	301	17,671.46	474.83389	274.00	26.87
P27(PP1%)	21	13366	301	17,671.46	456.80894	263.60	25.85
P28(PP1.5%)	21	12815	298	17,671.46	441.78814	254.93	25.00
P29(PP1.5%)	21	13170	300	17,671.46	445.32245	256.97	25.20
P30(PP1.5%)	21	13480	302	17,671.46	440.02099	253.91	24.90



## 10.- Ensayo a compresión (ASTM C39) a los 28 días de curado



Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto, Elaboración de Expedientes Técnicos de Ingeniería Civil, Ambiental, Ejecución, Supervisión de Obras Civiles y Peritajes.

Tesis:

Influencia de fibras de polímero reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022

UBICACIÓN: Urb. José Ortiz Vergara -Huamanga Ayacucho

SOLICITA: Molina Navarro, StivenA.

FECHA: 15- MAYO-2025/15-MAYO-2025

### ENSAYO DE COMPRESIÓN

ENSAYO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN A LOS 28 DÍAS							
PROBETA	EDAD(días)	PESO (gr)	ALTUR A(mm)	ÁREA(mm2)	CARGA(KN)	RESISTENCIA (kg/cm2)	RESISTENCIA (MPa)
P1(PATRON)	28	13480	300	17,671.46	491.26841	283.48	27.80
P2(PATRON)	28	12815	297	17,671.46	494.80272	285.52	28.00
P3(PATRON)	28	13270	300	17,671.46	489.50126	282.46	27.70
P4(HDPE 0.5%)	28	13240	299	17,671.46	491.26841	283.48	27.80
P5(HDPE 0.5%)	28	13485	301	17,671.46	485.96695	280.42	27.50
P6(HDPE 0.5%)	28	13470	301	17,671.46	478.89834	276.34	27.10
P7(HDPE 1%)	28	12920	298	17,671.46	505.0522	291.44	28.58
P8(HDPE 1%)	28	12930	298	17,671.46	494.27257	285.22	27.97
P9(HDPE 1%)	28	13241	299	17,671.46	509.82351	294.19	28.85
P10(HDPE 1.5%)	28	13277	300	17,671.46	480.6655	277.36	27.20
P11(HDPE 1.5%)	28	13485	301	17,671.46	485.96695	280.42	27.50
P12(HDPE 1.5%)	28	13599	302	17,671.46	477.13119	275.32	27.00
P13(LDPE 0.5%)	28	13272	300	17,671.46	482.43265	278.38	27.30
P14(LDPE 0.5%)	28	13587	302	17,671.46	487.73411	281.44	27.60
P15(LDPE 0.5%)	28	12910	298	17,671.46	485.96695	280.42	27.50
P16(LDPE 1%)	28	13249	299	17,671.46	485.96695	280.42	27.50
P17(LDPE 1%)	28	13250	299	17,671.46	493.03557	284.50	27.90
P18(LDPE 1%)	28	12911	298	17,671.46	489.50126	282.46	27.70
P19(LDPE 1.5%)	28	13239	299	17,671.46	475.36404	274.30	26.90
P20(LDPE 1.5%)	28	13279	300	17,671.46	478.89834	276.34	27.10
P21(LDPE 1.5%)	28	13488	301	17,671.46	480.6655	277.36	27.20
P22(PP0.5%)	28	13262	300	17,671.46	487.73411	281.44	27.60
P23(PP0.5%)	28	13580	302	17,671.46	491.26841	283.48	27.80
P24(PP0.5%)	28	12910	298	17,671.46	493.03557	284.50	27.90
P25(PP1%)	28	13245	299	17,671.46	507.17279	292.66	28.70
P26(PP1%)	28	13230	299	17,671.46	503.99191	290.82	28.52
P27(PP1%)	28	12915	298	17,671.46	504.34534	291.03	28.54
P28(PP1.5%)	28	13240	299	17,671.46	487.73411	281.44	27.60
P29(PP1.5%)	28	13270	300	17,671.46	480.6655	277.36	27.20
P30(PP1.5%)	28	13480	301	17,671.46	493.03557	284.50	27.90



## 11.- Ensayo de flexión en viga (ASTM C293)



Ensayos de Laboratorio en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto,  
Elaboración de Expedientes Técnicos de Ingeniería Civil, Ambiental,  
Ejecución, Supervisión de Obras Civiles y Peritajes.

**Tesis:** Influencia de fibras de polímero reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022

**UBICACIÓN:** Urb. José Ortiz Vergara -Huamanga Ayacucho

**SOLICITA:** Molina Navarro, StivenA.

**FECHA:** 25- JULIO-2025

ENSAYO DE RESISTENCIA A FLEXIÓN (ASTM C293)								
PROBETA	Edad (días)	Peso(gr)	B(mm)	H(mm)	L(mm)	Carga(KN)	Resistencia(kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Mpa (N/mm <sup>2</sup> )
P1(PATRON)	28	27421	149	157	506	22.356	47.11	4.62
P2(PATRON)	28	26980	150	153	508	21.105	46.70	4.58
P3(PATRON)	28	27188	148	151	507	20.456	47.01	4.61
P4(HDPE 1%)	28	27473	151	152	506	25.280	56.08	5.50
P5(HDPE 1%)	28	26392	146	155	506	24.956	55.06	5.40
P6(HDPE 1%)	28	26416	146	157	508	25.031	54.05	5.30
P7(LDPE 1%)	28	25599	143	156	510	21.335	47.82	4.69
P8(LDPE 1%)	28	25990	144	152	507	20.124	46.91	4.60
P9(LDPE 1%)	28	27220	154	150	509	21.784	48.95	4.80
P10(PP1%)	28	26985	151	152	508	27.287	60.78	5.96
P11(PP1%)	28	26392	145	154	505	26.103	58.63	5.75
P12(PP1%)	28	26416	146	157	508	26.920	58.12	5.70



## ANEXO B

### 12.- Presupuesto para pavimento sin fibras de polímeros



S-10

Página

1

Subpresupuesto 001 INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLÍMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLÁSTICAS Y MECÁNICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RÍGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO (SIN FIBRA)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	<b>OBRAS PROVISIONALES TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>22,087,711.796</b>
01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES GENERALES</b>				<b>24,364.012</b>
01.01.01	<b>TRABAJOS PROVISIONALES</b>				<b>24,364.012</b>
01.01.01.01	CARTEL DE OBRA IMPRESION DE BANINER DE 3.60 M X 2.40 M (SOPORTE DE MADERA)	und	2.00	1,412.006	2,824.012
01.01.01.02	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	250.00	47.760	11,940.000
01.01.01.03	INSTALACION PROVISIONAL (AGUA, DESAGUE, ENERGIA, ETC)	mes	12.00	800.000	9,600.000
01.02	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>				<b>15,334,214.812</b>
01.02.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>801,831.338</b>
01.02.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA	gb	1.00	40,677.000	40,677.000
01.02.01.02	DEMOLICION DE OBRAS DE CONCRETO	m2	124.00	31.952	3,962.048
01.02.01.03	DEMOLICION DE OBRAS DE CONCRETO ARMADO	m2	43.42	31.952	1,387.366
01.02.01.04	ELIMINACION DE MALEZA CON VOLQUETE	m3	40.63	15.595	633.025
01.02.01.05	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO NORMAL	m2	43,470.00	3.195	138,886.050
01.02.01.06	TRAZO Y REPLANTEO EN TERRENO NORMAL CON EQUIPO (TEODOLITO)	m2	43,470.00	4.087	177,661.860
01.02.01.07	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	43,470.00	3.191	138,712.770
01.02.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>8,283,127.284</b>
01.02.02.01	CORTE DE MATERIAL COMPACTO A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	38,117.95	108.500	3,846,561.675
01.02.02.02	ELIMINACION DE MAT EXCED O VOLQUETE DE 8 M3 CARGUIO MANUAL DE SKM	m3	45,147.44	74.520	3,364,387.229
01.02.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	43,470.00	5.332	231,782.040
01.02.02.04	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.20M	m2	23,117.41	29.555	683,235.053
01.02.02.05	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.30M	m2	10,309.18	29.555	304,687.815
01.02.02.06	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.40M	m2	8,385.37	29.555	247,829.610
01.02.02.07	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.50M	m2	1,668.07	29.555	49,004.269
01.02.02.08	CONFORMACION Y COMPACTACION BASE GRANULAR E=0.20M	m2	43,470.03	12.082	525,659.693
01.02.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>8,573,166.188</b>
01.02.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	7,136.57	64.365	459,345.328
01.02.03.02	CONCRETO FC=280 KG/CM2	m3	8,694.01	553.006	4,807,839.694
01.02.03.03	CURADO DE CONCRETO	m2	43,470.03	1.672	72,681.890
01.02.03.04	JUNTA CON ASFALTO E=1"	m	22,287.35	10.737	239,299.277
01.03	<b>VEREDAS</b>				<b>1,748,343.488</b>
01.03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>67,371.913</b>
01.03.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	14,337.50	1.508	21,620.950
01.03.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	14,337.50	3.191	45,750.963
01.03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>663,548.704</b>
01.03.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO EN VEREDAS	m3	2,867.50	53.260	152,723.050
01.03.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA (50M)	m3	3,584.37	35.507	127,270.226
01.03.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE VEREDA CON EQUIVIANO	m2	14,337.50	4.081	58,224.588
01.03.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (VEREDA)	m2	14,337.50	4.081	58,224.588
01.03.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE CON MAQUINARIA	m3	3,584.37	74.520	267,107.252
01.03.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>1,017,821.872</b>
01.03.03.01	VEREDAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	574.61	41.454	23,819.883
01.03.03.02	CONCRETO FC=175 kg/cm² EN VEREDAS E=4"	m3	1,452.26	568.691	825,887.192
01.03.03.03	BRUÑA EN VEREDAS	m	9,287.28	10.888	101,119.505
01.03.03.04	CURADO EN VEREDAS	m2	14,337.50	1.672	23,972.300
01.03.03.05	JUNTAS ASFÁLTICAS PARA VEREDAS	m	3,988.32	10.737	42,822.582
01.04	<b>MARTILLO</b>				<b>429,216.118</b>
01.04.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>11,757.896</b>
01.04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	2,502.14	1.508	3,773.227
01.04.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	2,502.14	3.191	7,984.329
01.04.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>131,342.253</b>
01.04.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA MARTILLOS	m	625.54	39.940	24,984.068
01.04.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CON CARRETILLA (50M)	m3	781.92	35.507	27,763.633
01.04.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE MARTILLO CON EQUIVIANO	m2	2,502.57	4.081	10,162.937
01.04.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (MARTILLO)	m2	2,502.57	4.081	10,162.937

Fecha: 12/08/2025 00:02:20

Subsupuesto

001

**INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLASTICAS Y MECANICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RIGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO (SIN FIBRA)**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.04.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE OMAQUINARIA	m3	781.92	74.520	58.268.678
01.04.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>288.118.309</b>
01.04.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MARTILLOS	m2	82.76	41.954	3.472.113
01.04.03.02	CONCRETO Fc=175 kg/cm <sup>2</sup> EN MARTILLOS, e=0.10m	m3	212.96	568.691	121.102.748
01.04.03.03	BRUÑA EN MARTILLOS	m	4.640.13	10.888	50.521.735
01.04.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RAMPAS	m2	76.44	105.721	8.081.313
01.04.03.05	CONCRETO Fc=175 kg/cm <sup>2</sup> EN RAMPAS	m3	41.30	568.691	23.486.698
01.04.03.06	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2 EN RANPA	kg	2.418.82	13.358	32.310.598
01.04.03.07	BRUÑA EN RANPA	m	3.878.80	10.888	42.232.374
01.04.03.08	CURADO EN MARTILLOS Y RAMPAS	m2	2.936.70	1.672	4.908.460
01.05	<b>SARDINELES DE CONCRETO</b>				<b>1.124.595.508</b>
01.05.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>8.168.460</b>
01.05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	1.708.43	1.598	2.731.669
01.05.01.02	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	1.708.43	3.191	5.454.791
01.05.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>161.688.884</b>
01.05.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANIA PARA SARDINDEL	m	854.71	39.940	34.137.117
01.05.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	1.088.39	35.507	37.986.524
01.05.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE OMAQUINARIA	m3	1.088.39	74.520	79.616.423
01.05.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>964.720.184</b>
01.05.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SARDINELES	m2	10.782.82	41.954	452.382.430
01.05.03.02	CONCRETO Fc=175 kg/cm <sup>2</sup> EN SARDINELES	m3	854.71	568.691	486.085.885
01.05.03.03	CURADO EN SARDINELES	m2	12.494.63	1.672	20.891.021
01.05.03.04	JUNTAS ASFALTICAS EN SARDINELES E=1"	m	501.15	10.737	5.380.618
01.06	<b>CUNETA DE CONCRETO</b>				<b>358.056.927</b>
01.06.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>18.168.343</b>
01.06.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	3.167.33	1.598	5.061.393
01.06.01.02	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	3.167.33	3.191	10.106.950
01.06.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>342.888.584</b>
01.06.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CUNETAS	m2	156.95	41.954	6.584.680
01.06.02.02	CONCRETO Fc=175 kg/cm <sup>2</sup> EN CUNETAS	m3	578.04	568.691	328.726.146
01.06.02.03	CURADO EN CUNETAS	m2	4.038.07	1.672	6.751.653
01.06.02.04	JUNTA ASFALTICA EN CUNETAS	m	76.94	10.737	826.105
01.07	<b>CRUCE DE CUNETA</b>				<b>336.092.606</b>
01.07.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>1.580.893</b>
01.07.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	330.13	1.598	527.548
01.07.01.02	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	330.13	3.191	1.053.445
01.07.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>334.011.612</b>
01.07.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CRUCE DE CUNETA	m2	1.588.38	41.954	65.708.975
01.07.02.02	CONCRETO Fc=175 kg/cm <sup>2</sup> EN CUNETAS	m3	121.32	568.691	68.893.592
01.07.02.03	CONCRETO Fc=210 kg/cm <sup>2</sup> EN TAPA DE CRUCE DE CUNETA	m3	33.01	568.691	18.772.490
01.07.02.04	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2 EN CRUCE DE CUNETA	kg	9.467.39	13.358	126.465.366
01.07.02.05	CURADO DE CONCRETO	m2	1.840.16	1.672	2.742.348
01.07.02.06	JUNTAS ASFALTICAS E=1"	m	4.818.74	10.737	51.738.811
01.08	<b>CANAL DE DRENAJE</b>				<b>1.710.031.884</b>
01.08.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>3.807.303</b>
01.08.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	795.01	1.598	1.270.426
01.08.01.02	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	795.01	3.191	2.536.877
01.08.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>264.771.776</b>
01.08.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA CANAL	m3	1.168.01	86.392	100.906.720
01.08.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE CON EQUIPO LIVIANO	m2	795.01	4.061	3.228.636
01.08.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	1.480.01	35.507	51.840.575
01.08.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE OMAQUINARIA	m3	1.480.01	74.520	108.799.945
01.08.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>1.438.168.818</b>
01.08.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CANAL	m2	3.143.29	41.954	131.873.589
01.08.03.02	SOLADO FC=100KG/CM2 EN CANAL	m2	79.50	38.638	3.151.082
01.08.03.03	SOLADO FC=210KG/CM2 EN CANAL	m2	530.54	37.618	19.957.854

Subpresupuesto

**001 INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLASTICAS Y MECANICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RIGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO (SIN FIBRA)**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.08.03.04.	BRUÑA EN TAPA DE CANAL	m	969.10	10.888	10,551.561
01.08.03.05	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2 EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	kg	94,257.20	13.358	1,259,087.678
01.08.03.06	CURADO EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	m2	4,297.95	1.672	7,186.172
01.08.03.07	JUNTAS ASFALTICAS E=1"	m	592.40	10.737	6,360.599
01.08.04	<b>OTROS</b>				<b>3,280.070</b>
01.08.04.01	REJILLA METALICA	und	3.22	542.320	1,746.270
01.08.04.02	JUNTA WATER STOP 6"	m2	100.00	15.338	1,533.800
01.08	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>128,219.259</b>
01.09.01	SEÑALIZACIONES PREVENTIVAS E INFORMATICAS	und	25.00	470.869	11,771.725
01.09.02	PINTURA DE TRANSITO PARA PASO PEATONAL	m2	4,086.61	14.888	60,841.450
01.09.03	SEÑALES HORIZONTALES(MARCAS EN EL PAVIMENTO)	m2	3,734.96	14.888	55,606.084
01.10	<b>AREAS VERDES</b>				<b>84,253.976</b>
01.10.01	PREPARADO DE SUSTRATO EN JARDINES	m2	2,521.27	11.570	29,171.094
01.10.02	SEMBRADO DE GRASS	m2	2,521.27	7.395	18,644.792
01.10.03	SEMBRADO DE PLANTAS ORNAMENTALES	und	2,521.27	14.433	36,389.490
01.10.04	RIEGO DE PLANTAS EN GENERAL	m2	150.00	0.324	48.600
01.11	<b>VARIOS</b>				<b>810,123.426</b>
01.11.01	<b>NIVELACION DE CAJA DE PASO DE AGUA Y DESAGUE</b>				<b>503,785.960</b>
01.11.01.01	NIVELACION DE CAJA DE PASO DE AGUA FRIA 40 x 50 CM	und	507.00	546.140	276,892.980
01.11.01.02	NIVELACION DE CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE 12" x 24"	und	507.00	546.140	276,892.980
01.11.02	<b>NIVELACION DE TAPAS DE BUZONES</b>				<b>7,846.400</b>
01.11.02.01	NIVELACION DE TAPAS DE BUZON	und	50.00	156.928	7,846.400
01.11.03	<b>LIMPIEZA GENERAL DE OBRA</b>				<b>105,966.576</b>
01.11.03.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	66,312.00	1.598	105,966.576
01.11.04	<b>MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL</b>				<b>150.000</b>
01.11.04.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	gb	1.00	150.000	150.000
01.11.05	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>141,029.490</b>
01.11.05.01	ELABORACION DE PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	gb	1.00	2,500.000	2,500.000
01.11.05.02	EQUIPOS DE SEGURIDAD INDIVIDUAL	und	80.00	1,660.000	132,800.000
01.11.05.03	EQUIPOS DE SEGURIDAD COLECTIVA	und	1.00	1,729.490	1,729.490
01.11.05.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	und	1.00	2,000.000	2,000.000
01.11.05.05	CAPACITACION EN TEMAS DE SEGURIDAD Y SALUD	sem	1.00	2,000.000	2,000.000
01.11.06	<b>FLETE TERRESTRE</b>				<b>1,345.000</b>
01.11.06.01	FLETE TERRESTRE	gb	1.00	1,345.000	1,345.000
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>22,087,711.796</b>
	<b>GASTOS GENERALES(10%CD)</b>				<b>2,208,771.180</b>
	<b>UTILIDAD(8%CD)</b>				<b>1,767,016.944</b>
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>26,063,499.920</b>
	<b>IGV (18%)</b>				<b>4,691,429.985</b>
	<b>COSTO DE OBRA</b>				<b>30,754,929.905</b>
	<b>COSTO DE SUPERVISION(5%)</b>				<b>1,537,746.478</b>
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>31,889,315.496</b>

SON: VEINTIDOS MILLONES OCHENTISIETE MIL SETECIENTOS ONCE Y 796/1000 SOLES

### 13.- Presupuesto para pavimento con fibras de polímero(HDPE)



S 10

Página

1

Subpresupuesto 001 INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLASTICAS Y MECANICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RIGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO(CON FIBRA HDPE,LDPE Y PP)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
01	<b>OBRAS PROVISIONALES TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>22,087,379.535</b>
01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES GENERALES</b>				<b>24,364.012</b>
01.01.01	<b>TRABAJOS PROVISIONALES</b>				<b>24,364.012</b>
01.01.01.01	CARTEL DE OBRA IMPRESION DE BANNER DE 3.60 M X 240 M (SOPORTE DE MACERA)	und	2.00	1,412.006	2,824.012
01.01.01.02	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	250.00	47.760	11,940.000
01.01.01.03	INSTALACION PROVISIONAL (AGUA,DESAGUE,ENERGIA,ETC)	mes	12.00	800.000	9,600.000
01.02	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>				<b>16,343,882.551</b>
01.02.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>801,821.139</b>
01.02.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA	gb	1.00	40,677.000	40,677.000
01.02.01.02	DEMOLUCION DE OBRAS DE CONCRETO	m2	124.00	31.952	3,962.048
01.02.01.03	DEMOLUCION DE OBRAS DE CONCRETO ARMADO	m2	43.42	31.952	1,387.366
01.02.01.04	ELIMINACION DE MALEZA CON VOLQUETE	m3	40.63	16.596	633.625
01.02.01.05	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO NORMAL	m2	43,470.00	3.195	138,886.650
01.02.01.06	TRAZO Y REPLANTEO EN TERRENO NORMAL CON EQUIPO (TEODOLITO)	m2	43,470.00	4.087	177,661.680
01.02.01.07	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	43,470.00	3.191	138,712.770
01.02.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>9,283,127.294</b>
01.02.02.01	CORTE DE MATERIAL COMPACTO A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	38,117.95	108.500	3,846,561.675
01.02.02.02	ELIMINACION DE MAT EXCED C/VOLQUETE DE 6 M3 CARGUIO MANUAL D<= 5KM	m3	45,147.44	74.520	3,364,387.229
01.02.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	43,470.00	5.332	231,782.040
01.02.02.04	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.20M	m2	23,117.41	29.555	683,235.053
01.02.02.05	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.30M	m2	10,309.18	29.555	304,687.815
01.02.02.06	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.40M	m2	8,385.37	29.555	247,629.610
01.02.02.07	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.50M	m2	1,658.07	29.555	49,004.259
01.02.02.08	CONFORMACION Y COMPACTACION BASE GRANULAR E=0.20M	m2	43,470.03	12.092	525,639.603
01.02.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>6,988,833.938</b>
01.02.03.01	ENCOFFRADO Y DESENCOFFRADO NORMAL	m2	7,138.57	64.385	459,345.328
01.02.03.02	CONCRETO FC=280 KG/CM2(FIBRA DE POLIMEROS HDPE,LDPE,PP)	m3	8,694.01	554.118	4,817,507.433
01.02.03.03	CURADO DE CONCRETO	m2	43,470.03	1.672	72,681.680
01.02.03.04	JUNTA CON ASFALTO E= 1"	m	22,287.35	10.737	239,209.277
01.03	<b>VEREDAS</b>				<b>1,748,543.489</b>
01.03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>67,371.913</b>
01.03.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	14,337.50	1.508	21,620.950
01.03.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	14,337.50	3.191	45,750.963
01.03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>663,489.704</b>
01.03.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO EN VEREDAS	m3	2,867.50	53.280	152,723.050
01.03.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDIENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	3,584.37	35.507	127,270.226
01.03.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE VEREDA CON EQUIVIANO	m2	14,337.50	4.061	58,224.588
01.03.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (VEREDA)	m2	14,337.50	4.061	58,224.588
01.03.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	3,584.37	74.520	267,107.252
01.03.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>1,017,621.872</b>
01.03.03.01	VEREDAS - ENCOFRADO Y DESENCOFFRADO	m2	574.61	41.454	23,819.883
01.03.03.02	CONCRETO fc=175 kg/cm² EN VEREDAS E=4"	m3	1,452.26	568.691	825,687.192
01.03.03.03	BRUÑA EN VEREDAS	m	9,287.28	10.888	101,119.905
01.03.03.04	CURADO EN VEREDAS	m2	14,337.50	1.672	23,972.300
01.03.03.05	JUNTAS ASFALTICAS PARA VEREDAS	m	3,988.32	10.737	42,822.952
01.04	<b>MARTILLO</b>				<b>429,216.118</b>
01.04.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>11,757.556</b>
01.04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	2,502.14	1.508	3,773.227
01.04.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	2,502.14	3.191	7,984.329
01.04.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>131,342.253</b>
01.04.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA MARTILLOS	m	625.54	39.940	24,984.068
01.04.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDIENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	781.92	35.507	27,763.633
01.04.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE MARTILLO CON EQUIVIANO	m2	2,502.57	4.061	10,162.937
01.04.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (MARTILLO)	m2	2,502.57	4.061	10,162.937

Fecha: 13/09/2025 19:30:14

Subpresupuesto

001

**INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLASTICAS Y MECANICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RIGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO(CON FIBRA HDPE,LDPE Y PP)**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.04.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE OMAQUINARIA	m3	781.92	74.520	58,268.678
01.04.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>268,116.309</b>
01.04.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MARTILLOS	m2	82.76	41.954	3,472.113
01.04.03.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN MARTILLOS, e=0.10m	m3	212.95	568.691	121,102.748
01.04.03.03	BRUÑA EN MARTILLOS	m	4,640.13	10.888	50,521.735
01.04.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RAMPAS	m2	76.44	105.721	8,081.313
01.04.03.05	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN RAMPAS	m3	41.30	568.691	23,486.508
01.04.03.06	ACERO DE REFUERZO F <sub>y</sub> = 4200 KG/CM2 EN RAMPA	kg	2,418.82	13.358	32,310.598
01.04.03.07	BRUÑA EN RAMPA	m	3,878.80	10.888	42,232.374
01.04.03.08	CURADO EN MARTILLOS Y RAMPAS	m2	2,936.70	1.672	4,908.480
01.05	<b>SARDINELES DE CONCRETO</b>				<b>1,124,595.508</b>
01.05.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>8,188.460</b>
01.05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	1,709.43	1.598	2,731.669
01.05.01.02	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	1,709.43	3.191	5,454.791
01.05.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>161,888.864</b>
01.05.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA SARDINDEL	m	854.71	39.940	34,137.117
01.05.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	1,068.39	35.507	37,935.324
01.05.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE OMAQUINARIA	m3	1,068.39	74.520	79,616.423
01.05.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>964,720.184</b>
01.05.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SARDINELES	m2	10,782.82	41.954	452,382.430
01.05.03.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN SARDINELES	m3	854.71	568.691	486,065.885
01.05.03.03	CURADO EN SARDINELES	m2	12,494.63	1.672	20,891.021
01.05.03.04	JUNTAS ASFALTICAS EN SARDINELES E=1"	m	501.15	10.737	5,380.848
01.06	<b>CUNETA DE CONCRETO</b>				<b>368,056.927</b>
01.06.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>15,188.343</b>
01.06.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	3,167.33	1.588	5,061.383
01.06.01.02	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	3,167.33	3.191	10,106.950
01.06.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>342,868.584</b>
01.06.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CUNETAS	m2	156.95	41.954	6,584.680
01.06.02.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN CUNETAS	m3	578.04	568.691	328,726.146
01.06.02.03	CURADO EN CUNETAS	m2	4,038.07	1.672	6,751.653
01.06.02.04	JUNTA ASFALTICA EN CUNETAS	m	76.94	10.737	826.105
01.07	<b>CRUCE DE CUNETA</b>				<b>336,092.608</b>
01.07.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>1,580.993</b>
01.07.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	330.13	1.588	527.548
01.07.01.02	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	330.13	3.191	1,053.445
01.07.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>334,511.612</b>
01.07.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CRUCE DE CUNETA	m2	1,588.36	41.954	66,798.975
01.07.02.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN CUNETAS	m3	121.32	568.691	68,993.592
01.07.02.03	CONCRETO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> EN TAPA DE CRUCE DE CUNETA	m3	33.01	568.691	18,772.480
01.07.02.04	ACERO DE REFUERZO F <sub>y</sub> = 4200 KG/CM2 EN CRUCE DE CUNETA	kg	9,467.39	13.358	126,465.386
01.07.02.05	CURADO DE CONCRETO	m2	1,640.16	1.672	2,742.348
01.07.02.06	JUNTAS ASFALTICAS E=1"	m	4,818.74	10.737	51,738.811
01.08	<b>CANAL DE DRENAJE</b>				<b>1,710,031.664</b>
01.08.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>3,807.303</b>
01.08.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	795.01	1.588	1,270.426
01.08.01.02	TRAZO NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	795.01	3.191	2,536.877
01.08.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>264,775.778</b>
01.08.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA CANAL	m3	1,168.01	86.392	100,906.720
01.08.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE CON EQUIPO LIVIANO	m2	795.01	4.081	3,228.536
01.08.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	1,480.01	35.507	51,840.575
01.08.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE OMAQUINARIA	m3	1,480.01	74.520	108,789.945
01.08.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>1,438,168.516</b>
01.08.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CANAL	m2	3,143.29	41.954	131,873.589
01.08.03.02	SOLADO FC=100KG/CM2 EN CANAL	m2	70.50	38.638	3,151.062
01.08.03.03	SOLADO FC=210KG/CM2 EN CANAL	m2	530.54	37.618	19,957.854

Subpresupuesto

001

**INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLASTICAS Y MECANICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RIGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO (CON FIBRA HDPE, LDPE Y PP)**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.08.03.04	BRUÑA EN TAPA DE CANAL	m	989.10	10.888	10,551.561
01.08.03.05	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2 EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	kg	94.257.20	13.358	1,258,087.678
01.08.03.06	CURADO EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	m2	4.297.95	1.672	7,186.172
01.08.03.07	JUNTAS ASFALTICAS E=1"	m	582.40	10.737	6,360.589
01.08.04	<b>OTROS</b>				<b>3,280.978</b>
01.08.04.01	REJILLA METALICA	und	3.22	542.320	1,746.270
01.08.04.02	JUNTA WATER STOP 6"	m2	100.00	15.338	1,533.800
01.09	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>128,218.289</b>
01.09.01	SEÑALIZACIONES PREVENTIVAS E INFORMATICAS	und	25.00	470.889	11,771.725
01.09.02	PINTURA DE TRANSITO PARA PASO PEATONAL	m2	4.086.61	14.888	60,841.450
01.09.03	SEÑALES HORIZONTALES (MARCAS EN EL PAVIMENTO)	m2	37.34.96	14.888	55,606.084
01.10	<b>AREAS VERDES</b>				<b>84,283.976</b>
01.10.01	PREPARADO DE SUSTRATO EN JARDINES	m2	2.521.27	11.570	28,171.084
01.10.02	SEMBRADO DE GRASS	m2	2.521.27	7.395	18,644.792
01.10.03	SEMBRADO DE PLANTAS ORNAMENTALES	und	2.521.27	14.433	36,389.460
01.10.04	RIEGO DE PLANTAS EN GENERAL	m2	150.00	0.324	48.600
01.11	<b>VIARIOS</b>				<b>810,123.426</b>
01.11.01	<b>NIVELACION DE CAJA DE PASO DE AGUA Y DESAGUE</b>				<b>863,788.960</b>
01.11.01.01	NIVELACION DE CAJA DE PASO DE AGUA FRIA 40 x 50 CM	und	507.00	546.140	276,892.980
01.11.01.02	NIVELACION DE CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE 12" x 24"	und	507.00	546.140	276,892.980
01.11.02	<b>NIVELACION DE TAPAS DE BUZONES</b>				<b>7,846.400</b>
01.11.02.01	NIVELACION DE TAPAS DE BUZÓN	und	50.00	158.928	7,846.400
01.11.03	<b>LIMPIEZA GENERAL DE OBRA</b>				<b>105,966.576</b>
01.11.03.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	66.312.00	1.588	105,966.576
01.11.04	<b>MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL</b>				<b>150.000</b>
01.11.04.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	gb	1.00	150.000	150.000
01.11.05	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>141,323.490</b>
01.11.05.01	ELABORACION DE PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	gb	1.00	2.500.000	2,500.000
01.11.05.02	EQUIPOS DE SEGURIDAD INDIVIDUAL	und	80.00	1.660.000	132,800.000
01.11.05.03	EQUIPOS DE SEGURIDAD COLECTIVA	und	1.00	1.729.490	1,729.490
01.11.05.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	und	1.00	2.000.000	2,000.000
01.11.05.05	CAPACITACION EN TEMAS DE SEGURIDAD Y SALUD	sem	1.00	2.000.000	2,000.000
01.11.06	<b>FLETE TERRESTRE</b>				<b>1,345.000</b>
01.11.06.01	FLETE TERRESTRE	gb	1.00	1.345.000	1,345.000
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>22,097,379.535</b>
	<b>GASTOS GENERALES (10%CD)</b>				<b>2,209,737.964</b>
	<b>UTILIDAD (8%CD)</b>				<b>1,767,790.363</b>
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>26,074,907.862</b>
	<b>IGV (18%)</b>				<b>4,693,483.413</b>
	<b>COSTO DE OBRA</b>				<b>30,768,391.265</b>
	<b>COSTO DE SUPERVISION (6%)</b>				<b>1,846,068.977</b>
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>31,873,260.242</b>

SON: VEINTIDOS MILLONES NOVENTISIETE MIL TRESCIENTOS SETENTINUEVE Y 636/1000 SOLES

## 14.- Presupuesto para pavimento con fibras de polímero(LDPE)



S 10

Página

1

Subpresupuesto 001 INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLASTICAS Y MECANICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RIGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO(CON FIBRA HDPE,LDPE Y PP)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
01	<b>OBRAS PROVISIONALES TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>22,096,040.698</b>
01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES GENERALES</b>				<b>24,364.012</b>
01.01.01	<b>TRABAJOS PROVISIONALES</b>				<b>24,364.012</b>
01.01.01.01	CARTEL DE OBRA IMPRESION DE BANNER DE 3.60 M X 240 M (SOPORTE DE MACERA)	und	2.00	1,412.006	2,824.012
01.01.01.02	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	250.00	47.760	11,940.000
01.01.01.03	INSTALACION PROVISIONAL (AGUA,DESAGUE,ENERGIA,ETC)	mes	12.00	800.000	9,600.000
01.02	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>				<b>16,342,543.674</b>
01.02.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>801,821.339</b>
01.02.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA	gb	1.00	40,677.000	40,677.000
01.02.01.02	DEMOLUCION DE OBRAS DE CONCRETO	m2	124.00	31.952	3,962.048
01.02.01.03	DEMOLUCION DE OBRAS DE CONCRETO ARMADO	m2	43.42	31.952	1,387.366
01.02.01.04	ELIMINACION DE MALEZA CON VOLQUETE	m3	40.63	16.596	633.625
01.02.01.05	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO NORMAL	m2	43,470.00	3.196	138,886.860
01.02.01.06	TRAZO Y REPLANTEO EN TERRENO NORMAL CON EQUIPO (TEODOLITO)	m2	43,470.00	4.087	177,661.880
01.02.01.07	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	43,470.00	3.191	138,712.770
01.02.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>9,283,127.294</b>
01.02.02.01	CORTE DE MATERIAL COMPACTO A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	36,117.95	106.500	3,846,561.675
01.02.02.02	ELIMINACION DE MAT EXCED C/VOLQUETE DE 6 M3 CARGUIO MANUAL D<= 5KM	m3	45,147.44	74.520	3,364,387.229
01.02.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	43,470.00	5.332	231,782.040
01.02.02.04	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.20M	m2	23,117.41	29.556	683,236.053
01.02.02.05	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.30M	m2	10,309.18	29.556	304,687.815
01.02.02.06	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.40M	m2	8,385.37	29.556	247,629.610
01.02.02.07	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.50M	m2	1,658.07	29.556	49,004.269
01.02.02.08	CONFORMACION Y COMPACTACION BASE GRANULAR E=0.20M	m2	43,470.03	12.092	525,639.603
01.02.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>6,867,496.091</b>
01.02.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	7,136.57	64.386	459,346.328
01.02.03.02	CONCRETO FC=280 KG/CM2(FIBRA DE POLIMEROS HDPE,LDPE,PP)	m3	8,694.01	553.964	4,816,168.556
01.02.03.03	CURADO DE CONCRETO	m2	43,470.03	1.672	72,681.890
01.02.03.04	JUNTA CON ASFALTO E= 1"	m	22,287.35	10.737	239,209.277
01.03	<b>VEREDAS</b>				<b>1,748,543.489</b>
01.03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>67,371.913</b>
01.03.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	14,337.50	1.508	21,620.950
01.03.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	14,337.50	3.191	45,750.963
01.03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>663,449.704</b>
01.03.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO EN VEREDAS	m3	2,867.50	53.280	152,723.050
01.03.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	3,584.37	36.507	127,270.226
01.03.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE VEREDA CON EQUIVIANO	m2	14,337.50	4.061	58,224.588
01.03.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (VEREDA)	m2	14,337.50	4.061	58,224.588
01.03.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIA	m3	3,584.37	74.520	267,107.252
01.03.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>1,017,621.872</b>
01.03.03.01	VEREDAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	574.61	41.454	23,819.883
01.03.03.02	CONCRETO fc=175 kg/cm² EN VEREDAS E=4"	m3	1,452.26	568.691	825,687.192
01.03.03.03	BRUÑA EN VEREDAS	m	9,287.28	10.888	101,119.905
01.03.03.04	CURADO EN VEREDAS	m2	14,337.50	1.672	23,972.300
01.03.03.05	JUNTAS ASFALTICAS PARA VEREDAS	m	3,988.32	10.737	42,822.962
01.04	<b>MARTILLO</b>				<b>429,216.118</b>
01.04.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>11,757.566</b>
01.04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	2,502.14	1.508	3,773.227
01.04.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	2,502.14	3.191	7,984.339
01.04.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>131,342.253</b>
01.04.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA MARTILLOS	m	625.54	39.940	24,984.068
01.04.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	781.92	35.507	27,763.633
01.04.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE MARTILLO CON EQUIVIANO	m2	2,502.57	4.061	10,162.937
01.04.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (MARTILLO)	m2	2,502.57	4.061	10,162.937

Fecha: 13/09/2025 19:28:53

Subpresupuesto

001

**INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLASTICAS Y MECANICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RIGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO (CON FIBRA HDPE, LDPE Y PP)**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.04.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE O MAQUINARIA	m3	781.92	74.520	58,268.678
01.04.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>268,116.309</b>
01.04.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MARTILLOS	m2	82.76	41.954	3,472.113
01.04.03.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN MARTILLOS, e=0.10m	m3	212.95	568.691	121,102.748
01.04.03.03	BRUÑA EN MARTILLOS	m	4,640.13	10.888	50,521.735
01.04.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RAMPAS	m2	76.44	105.721	8,081.313
01.04.03.05	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN RAMPAS	m3	41.30	568.691	23,486.508
01.04.03.06	ACERO DE REFUERZO F <sub>y</sub> = 4200 KG/CM <sup>2</sup> EN RAMPA	kg	2,418.82	13.358	32,310.598
01.04.03.07	BRUÑA EN RAMPA	m	3,878.80	10.888	42,232.374
01.04.03.08	CURADO EN MARTILLOS Y RAMPAS	m2	2,936.70	1.672	4,908.480
01.05	<b>SARDINELES DE CONCRETO</b>				<b>1,124,595.508</b>
01.05.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>8,188.460</b>
01.05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	1,709.43	1.598	2,731.669
01.05.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	1,709.43	3.191	5,454.791
01.05.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>161,688.864</b>
01.05.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA SARDINDEL	m	854.71	39.940	34,137.117
01.05.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	1,068.39	35.507	37,935.324
01.05.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE O MAQUINARIA	m3	1,068.39	74.520	79,616.423
01.05.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>964,720.184</b>
01.05.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SARDINELES	m2	10,782.82	41.954	452,382.430
01.05.03.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN SARDINELES	m3	854.71	568.691	486,065.885
01.05.03.03	CURADO EN SARDINELES	m2	12,494.63	1.672	20,891.021
01.05.03.04	JUNTAS ASFALTICAS EN SARDINELES E=1"	m	501.15	10.737	5,380.848
01.06	<b>CUNETAS DE CONCRETO</b>				<b>368,056.927</b>
01.06.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>15,188.343</b>
01.06.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	3,167.33	1.598	5,061.393
01.06.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	3,167.33	3.191	10,106.950
01.06.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>342,868.584</b>
01.06.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CUNETAS	m2	156.95	41.954	6,584.680
01.06.02.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN CUNETAS	m3	578.04	568.691	328,726.146
01.06.02.03	CURADO EN CUNETAS	m2	4,038.07	1.672	6,751.653
01.06.02.04	JUNTA ASFALTICA EN CUNETAS	m	76.94	10.737	826.105
01.07	<b>CRUCE DE CUNETAS</b>				<b>336,092.608</b>
01.07.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>1,580.993</b>
01.07.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	330.13	1.598	527.548
01.07.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	330.13	3.191	1,053.445
01.07.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>334,511.612</b>
01.07.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CRUCE DE CUNETAS	m2	1,588.36	41.954	66,796.975
01.07.02.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN CUNETAS	m3	121.32	568.691	68,993.592
01.07.02.03	CONCRETO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> EN TAPA DE CRUCE DE CUNETAS	m3	33.01	568.691	18,772.460
01.07.02.04	ACERO DE REFUERZO F <sub>y</sub> = 4200 KG/CM <sup>2</sup> EN CRUCE DE CUNETAS	kg	9,467.39	13.358	126,465.396
01.07.02.05	CURADO DE CONCRETO	m2	1,640.16	1.672	2,742.348
01.07.02.06	JUNTAS ASFALTICAS E=1"	m	4,818.74	10.737	51,738.811
01.08	<b>CANAL DE DRENAJE</b>				<b>1,710,031.664</b>
01.08.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>3,807.303</b>
01.08.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	795.01	1.598	1,270.426
01.08.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	795.01	3.191	2,536.877
01.08.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>264,775.778</b>
01.08.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA CANAL	m3	1,168.01	86.392	100,906.720
01.08.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE CON EQUIPO LIVIANO	m2	795.01	4.081	3,228.536
01.08.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	1,480.01	35.507	51,840.575
01.08.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE O MAQUINARIA	m3	1,480.01	74.520	108,789.945
01.08.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>1,438,168.516</b>
01.08.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CANAL	m2	3,143.29	41.954	131,873.589
01.08.03.02	SOLADO FC=100KG/CM2 EN CANAL	m2	70.50	38.638	3,151.062
01.08.03.03	SOLADO FC=210KG/CM2 EN CANAL	m2	530.54	37.618	19,957.854

Subpresupuesto

001

**INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLASTICAS Y MECANICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RIGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO(CON FIBRA HDPE,LDPE Y PP)**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.08.03.04	BRUÑA EN TAPA DE CANAL	m	989.10	10.888	10,551.561
01.08.03.05	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2 EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	kg	94.257.20	13.358	1,258,087.678
01.08.03.06	CURADO EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	m2	4.297.95	1.672	7,186.172
01.08.03.07	JUNTAS ASFALTICAS E=1"	m	582.40	10.737	6,360.589
01.08.04	<b>OTROS</b>				<b>3,280.978</b>
01.08.04.01	REJILLA METALICA	und	3.22	542.320	1,746.270
01.08.04.02	JUNTA WATER STOP 6"	m2	100.00	15.338	1,533.800
01.09	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>128,218.289</b>
01.09.01	SEÑALIZACIONES PREVENTIVAS E INFORMATICAS	und	25.00	470.889	11,771.725
01.09.02	PINTURA DE TRANSITO PARA PASO PEATONAL	m2	4.086.61	14.888	60,841.450
01.09.03	SEÑALES HORIZONTALES(MARCAS EN EL PAVIMENTO)	m2	3734.96	14.888	55,606.084
01.10	<b>AREAS VERDES</b>				<b>84,283.976</b>
01.10.01	PREPARADO DE SUSTRATO EN JARDINES	m2	2.521.27	11.570	29,171.084
01.10.02	SEMBRADO DE GRASS	m2	2.521.27	7.395	18,644.792
01.10.03	SEMBRADO DE PLANTAS ORNAMENTALES	und	2.521.27	14.433	36,389.460
01.10.04	RIEGO DE PLANTAS EN GENERAL	m2	150.00	0.324	48.600
01.11	<b>VIARIOS</b>				<b>810,423.426</b>
01.11.01	<b>NIVELACION DE CAJA DE PASO DE AGUA Y DESAGUE</b>				<b>863,788.960</b>
01.11.01.01	NIVELACION DE CAJA DE PASO DE AGUA FRIA 40 x 50 CM	und	507.00	546.140	276,892.980
01.11.01.02	NIVELACION DE CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE 12" x 24"	und	507.00	546.140	276,892.980
01.11.02	<b>NIVELACION DE TAPAS DE BUZONES</b>				<b>7,846.400</b>
01.11.02.01	NIVELACION DE TAPAS DE BUZÓN	und	50.00	158.928	7,846.400
01.11.03	<b>LIMPIEZA GENERAL DE OBRA</b>				<b>105,966.576</b>
01.11.03.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	66.312.00	1.588	105,966.576
01.11.04	<b>MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL</b>				<b>150.000</b>
01.11.04.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	gb	1.00	150.000	150.000
01.11.05	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>141,323.480</b>
01.11.05.01	ELABORACION DE PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	gb	1.00	2.500.000	2,500.000
01.11.05.02	EQUIPOS DE SEGURIDAD INDIVIDUAL	und	80.00	1.800.000	132,800.000
01.11.05.03	EQUIPOS DE SEGURIDAD COLECTIVA	und	1.00	1.729.480	1,729.480
01.11.05.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	und	1.00	2.000.000	2,000.000
01.11.05.05	CAPACITACION EN TEMAS DE SEGURIDAD Y SALUD	sem	1.00	2.000.000	2,000.000
01.11.06	<b>FLETE TERRESTRE</b>				<b>1,345.000</b>
01.11.06.01	FLETE TERRESTRE	gb	1.00	1.345.000	1,345.000
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>22,096,040.658</b>
	<b>GASTOS GENERALES(10%CD)</b>				<b>2,209,604.066</b>
	<b>UTILIDAD(8%CD)</b>				<b>1,787,683.263</b>
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>26,073,327.977</b>
	<b>IGV (18%)</b>				<b>4,693,199.036</b>
	<b>COSTO DE OBRA</b>				<b>30,766,527.013</b>
	<b>COSTO DE SUPERVISION(6%)</b>				<b>1,846,002.033</b>
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>31,871,329.046</b>

SON: VEINTIDOS MILLONES NOVENTISEIS MIL CUARENTA Y SEIS MIL SOLES

## 15.- Presupuesto para pavimento con fibras de polipropileno (PP)



S 10

Página

1

Subpresupuesto 001 INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLASTICAS Y MECANICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RIGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO(CON FIBRA HDPE,LDPE Y PP)

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
01	<b>OBRAS PROVISIONALES TRABAJOS PRELIMINARES, SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>22,098,674.943</b>
01.01	<b>OBRAS PROVISIONALES GENERALES</b>				<b>24,364.012</b>
01.01.01	<b>TRABAJOS PROVISIONALES</b>				<b>24,364.012</b>
01.01.01.01	CARTEL DE OBRA IMPRESION DE BANNER DE 3.60 M X 240 M (SOPORTE DE MACERA)	und	2.00	1,412.006	2,824.012
01.01.01.02	ALMACEN PROVISIONAL DE OBRA	m2	250.00	47.760	11,940.000
01.01.01.03	INSTALACION PROVISIONAL (AGUA,DESAGUE,ENERGIA,ETC)	mes	12.00	800.000	9,600.000
01.02	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>				<b>16,345,177.989</b>
01.02.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>801,821.339</b>
01.02.01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA	gb	1.00	40,677.000	40,677.000
01.02.01.02	DEMOLUCION DE OBRAS DE CONCRETO	m2	129.00	31.952	3,962.048
01.02.01.03	DEMOLUCION DE OBRAS DE CONCRETO ARMADO	m2	43.42	31.952	1,387.366
01.02.01.04	ELIMINACION DE MALEZA CON VOLQUETE	m3	40.63	16.596	633.625
01.02.01.05	LIMPIEZA MANUAL DE TERRENO NORMAL	m2	43,470.00	3.196	138,886.660
01.02.01.06	TRAZO Y REPLANTEO EN TERRENO NORMAL CON EQUIPO (TEODOLITO)	m2	43,470.00	4.087	177,661.660
01.02.01.07	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	43,470.00	3.191	138,712.770
01.02.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>9,283,127.294</b>
01.02.02.01	CORTE DE MATERIAL COMPACTO A NIVEL DE SUBRASANTE	m3	36,117.95	106.500	3,846,561.675
01.02.02.02	ELIMINACION DE MAT EXCED C/VOLQUETE DE 6 M3 CARGUIO MANUAL D<= 5KM	m3	45,147.44	74.520	3,364,387.229
01.02.02.03	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUBRASANTE	m2	43,470.00	5.332	231,782.040
01.02.02.04	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.20M	m2	23,117.41	29.556	683,236.063
01.02.02.05	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.30M	m2	10,309.18	29.556	304,687.815
01.02.02.06	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.40M	m2	8,385.37	29.556	247,629.610
01.02.02.07	MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE E=0.50M	m2	1,658.07	29.556	49,004.269
01.02.02.08	CONFORMACION Y COMPACTACION BASE GRANULAR E=0.20M	m2	43,470.03	12.092	525,639.603
01.02.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>6,999,129.336</b>
01.02.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL	m2	7,136.57	64.386	459,346.328
01.02.03.02	CONCRETO FC=280 KG/CM2(FIBRA DE POLIMEROS HDPE,LDPE,PP)	m3	8,694.01	564.267	4,916,802.841
01.02.03.03	CURADO DE CONCRETO	m2	43,470.03	1.672	72,681.680
01.02.03.04	JUNTA CON ASFALTO E= 1"	m	22,287.35	10.737	239,209.277
01.03	<b>VEREDAS</b>				<b>1,748,543.489</b>
01.03.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>67,371.913</b>
01.03.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	14,337.50	1.508	21,620.960
01.03.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	14,337.50	3.191	45,750.963
01.03.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>663,489.704</b>
01.03.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO EN VEREDAS	m3	2,867.50	53.280	152,723.060
01.03.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDIENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	3,584.37	36.507	127,270.226
01.03.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE VEREDA CON EQUIVIANO	m2	14,337.50	4.061	58,224.588
01.03.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (VEREDA)	m2	14,337.50	4.061	58,224.588
01.03.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE O MAQUINARIA	m3	3,584.37	74.520	267,107.252
01.03.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>1,017,621.872</b>
01.03.03.01	VEREDAS - ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	574.61	41.454	23,819.863
01.03.03.02	CONCRETO fc=175 kg/cm² EN VEREDAS E=4"	m3	1,452.26	568.691	825,667.192
01.03.03.03	BRUNIA EN VEREDAS	m	9,287.28	10.888	101,119.905
01.03.03.04	CURADO EN VEREDAS	m2	14,337.50	1.672	23,972.300
01.03.03.05	JUNTAS ASFALTICAS PARA VEREDAS	m	3,988.32	10.737	42,822.962
01.04	<b>MARTILLO</b>				<b>429,216.118</b>
01.04.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>11,757.566</b>
01.04.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	2,502.14	1.508	3,773.227
01.04.01.02	TRAZO,NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	2,502.14	3.191	7,984.339
01.04.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>131,342.253</b>
01.04.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA MARTILLOS	m	625.54	39.940	24,984.068
01.04.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDIENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	781.92	35.507	27,763.633
01.04.02.03	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE DE MARTILLO CON EQUIVIANO	m2	2,502.57	4.061	10,162.937
01.04.02.04	CONFORMACION Y COMPACTACION DE BASE E=0.10M (MARTILLO)	m2	2,502.57	4.061	10,162.937

Fecha: 13/09/2025 19:34:33

Subpresupuesto

001

**INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLASTICAS Y MECANICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RIGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO (CON FIBRA HDPE, LDPE Y PP)**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.04.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE O MAQUINARIA	m3	781.92	74.520	58,268.678
01.04.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>268,116.309</b>
01.04.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MARTILLOS	m2	82.76	41.954	3,472.113
01.04.03.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN MARTILLOS, e=0.10m	m3	212.95	568.691	121,102.748
01.04.03.03	BRUÑA EN MARTILLOS	m	4,640.13	10.888	50,521.735
01.04.03.04	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN RAMPAS	m2	76.44	105.721	8,081.313
01.04.03.05	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN RAMPAS	m3	41.30	568.691	23,486.508
01.04.03.06	ACERO DE REFUERZO F <sub>y</sub> = 4200 KG/CM <sup>2</sup> EN RAMPA	kg	2,418.82	13.358	32,310.598
01.04.03.07	BRUÑA EN RAMPA	m	3,878.80	10.888	42,232.374
01.04.03.08	CURADO EN MARTILLOS Y RAMPAS	m2	2,936.70	1.672	4,908.480
01.05	<b>SARDINELES DE CONCRETO</b>				<b>1,124,595.508</b>
01.05.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>8,188.460</b>
01.05.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	1,709.43	1.598	2,731.669
01.05.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	1,709.43	3.191	5,454.791
01.05.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>161,688.864</b>
01.05.02.01	EXCAVACION MANUAL DE ZANJA PARA SARDINDEL	m	854.71	39.940	34,137.117
01.05.02.02	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	1,068.39	35.507	37,935.324
01.05.02.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE O MAQUINARIA	m3	1,068.39	74.520	79,616.423
01.05.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>964,720.184</b>
01.05.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE SARDINELES	m2	10,782.82	41.954	452,382.430
01.05.03.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN SARDINELES	m3	854.71	568.691	486,065.885
01.05.03.03	CURADO EN SARDINELES	m2	12,494.63	1.672	20,891.021
01.05.03.04	JUNTAS ASFALTICAS EN SARDINELES E=1"	m	501.15	10.737	5,380.848
01.06	<b>CUNETAS DE CONCRETO</b>				<b>368,056.927</b>
01.06.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>15,168.343</b>
01.06.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	3,167.33	1.598	5,061.393
01.06.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	3,167.33	3.191	10,106.950
01.06.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>342,888.584</b>
01.06.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CUNETAS	m2	156.95	41.954	6,584.680
01.06.02.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN CUNETAS	m3	578.04	568.691	328,726.146
01.06.02.03	CURADO EN CUNETAS	m2	4,038.07	1.672	6,751.653
01.06.02.04	JUNTA ASFALTICA EN CUNETAS	m	76.94	10.737	826.105
01.07	<b>CRUCE DE CUNETAS</b>				<b>336,092.608</b>
01.07.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>1,580.993</b>
01.07.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	330.13	1.598	527.548
01.07.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	330.13	3.191	1,053.445
01.07.02	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>334,511.612</b>
01.07.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CRUCE DE CUNETAS	m2	1,588.36	41.954	66,798.975
01.07.02.02	CONCRETO f <sub>c</sub> =175 kg/cm <sup>2</sup> EN CUNETAS	m3	121.32	568.691	68,993.592
01.07.02.03	CONCRETO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> EN TAPA DE CRUCE DE CUNETAS	m3	33.01	568.691	18,772.460
01.07.02.04	ACERO DE REFUERZO F <sub>y</sub> = 4200 KG/CM <sup>2</sup> EN CRUCE DE CUNETAS	kg	9,467.39	13.358	126,465.396
01.07.02.05	CURADO DE CONCRETO	m2	1,640.16	1.672	2,742.348
01.07.02.06	JUNTAS ASFALTICAS E=1"	m	4,818.74	10.737	51,738.811
01.08	<b>CANAL DE DRENAJE</b>				<b>1,710,031.664</b>
01.08.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>				<b>3,807.303</b>
01.08.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	795.01	1.598	1,270.426
01.08.01.02	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO EN EL PROCESO	m2	795.01	3.191	2,536.877
01.08.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>264,775.778</b>
01.08.02.01	EXCAVACION MANUAL DE TERRENO PARA CANAL	m3	1,168.01	86.392	100,906.720
01.08.02.02	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUBRASANTE CON EQUIPO LIVIANO	m2	795.01	4.081	3,228.536
01.08.02.03	ACARREO DE MATERIAL EXCEDENTE CO CARRETILLA (50M)	m3	1,480.01	35.507	51,840.575
01.08.02.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE O MAQUINARIA	m3	1,480.01	74.520	108,789.945
01.08.03	<b>OBRAS DE CONCRETO</b>				<b>1,438,168.516</b>
01.08.03.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN CANAL	m2	3,143.29	41.954	131,873.589
01.08.03.02	SOLADO FC=100KG/CM2 EN CANAL	m2	70.50	38.638	3,151.062
01.08.03.03	SOLADO FC=210KG/CM2 EN CANAL	m2	530.54	37.618	19,957.854

Subpresupuesto

001

**INFLUENCIA DE FIBRAS DE POLIMEROS RECICLADOS EN LAS PROPIEDADES PLASTICAS Y MECANICAS DE FC=280 CONCRETO PESADO EN PAVIMENTO RIGIDO EN EL DISTRITO DE AYACUCHO(CON FIBRA HDPE,LDPE Y PP)**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01.08.03.04	BRUÑA EN TAPA DE CANAL	m	989.10	10.888	10,551.561
01.08.03.05	ACERO DE REFUERZO FY = 4200 KG/CM2 EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	kg	94.257.20	13.358	1,258,087.678
01.08.03.06	CURADO EN CANAL DE EVACUACION DE AGUAS PLUVIALES	m2	4.297.95	1.672	7,186.172
01.08.03.07	JUNTAS ASFALTICAS E=1"	m	582.40	10.737	6,360.589
01.08.04	<b>OTROS</b>				<b>3,280.978</b>
01.08.04.01	REJILLA METALICA	und	3.22	542.320	1,746.270
01.08.04.02	JUNTA WATER STOP 6"	m2	100.00	15.338	1,533.800
01.09	<b>SEÑALIZACION</b>				<b>128,218.289</b>
01.09.01	SEÑALIZACIONES PREVENTIVAS E INFORMATICAS	und	25.00	470.889	11,771.725
01.09.02	PINTURA DE TRANSITO PARA PASO PEATONAL	m2	4.086.61	14.888	60,841.450
01.09.03	SEÑALES HORIZONTALES(MARCAS EN EL PAVIMENTO)	m2	3734.96	14.888	55,606.084
01.10	<b>AREAS VERDES</b>				<b>84,283.976</b>
01.10.01	PREPARADO DE SUSTRATO EN JARDINES	m2	2.521.27	11.570	29,171.084
01.10.02	SEMBRADO DE GRASS	m2	2.521.27	7.395	18,644.792
01.10.03	SEMBRADO DE PLANTAS ORNAMENTALES	und	2.521.27	14.433	36,389.460
01.10.04	RIEGO DE PLANTAS EN GENERAL	m2	150.00	0.324	48.600
01.11	<b>VIARIOS</b>				<b>810,123.426</b>
01.11.01	<b>NIVELACION DE CAJA DE PASO DE AGUA Y DESAGUE</b>				<b>863,788.960</b>
01.11.01.01	NIVELACION DE CAJA DE PASO DE AGUA FRIA 40 x 50 CM	und	507.00	546.140	276,892.980
01.11.01.02	NIVELACION DE CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE 12" x 24"	und	507.00	546.140	276,892.980
01.11.02	<b>NIVELACION DE TAPAS DE BUZONES</b>				<b>7,846.400</b>
01.11.02.01	NIVELACION DE TAPAS DE BUZÓN	und	50.00	158.928	7,846.400
01.11.03	<b>LIMPIEZA GENERAL DE OBRA</b>				<b>105,966.576</b>
01.11.03.01	LIMPIEZA FINAL DE OBRA	m2	66.312.00	1.588	105,966.576
01.11.04	<b>MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL</b>				<b>150.000</b>
01.11.04.01	MITIGACION DEL IMPACTO AMBIENTAL	gb	1.00	150.000	150.000
01.11.05	<b>SEGURIDAD Y SALUD</b>				<b>141,323.480</b>
01.11.05.01	ELABORACION DE PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	gb	1.00	2.500.000	2.500.000
01.11.05.02	EQUIPOS DE SEGURIDAD INDIVIDUAL	und	80.00	1.660.000	132,800.000
01.11.05.03	EQUIPOS DE SEGURIDAD COLECTIVA	und	1.00	1.729.480	1,729.480
01.11.05.04	SEÑALIZACION TEMPORAL DE SEGURIDAD	und	1.00	2.000.000	2,000.000
01.11.05.05	CAPACITACION EN TEMAS DE SEGURIDAD Y SALUD	sem	1.00	2.000.000	2,000.000
01.11.06	<b>FLETE TERRESTRE</b>				<b>1,345.000</b>
01.11.06.01	FLETE TERRESTRE	gb	1.00	1.345.000	1,345.000
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>22,098,674.943</b>
	<b>GASTOS GENERALES(10%CD)</b>				<b>2,209,867.484</b>
	<b>UTILIDAD(8%CD)</b>				<b>1,767,893.995</b>
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>26,076,436.432</b>
	<b>IGV (18%)</b>				<b>4,693,758.558</b>
	<b>COSTO DE OBRA</b>				<b>30,770,194.980</b>
	<b>COSTO DE SUPERVISION(6%)</b>				<b>1,104,833.747</b>
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>31,875,128.737</b>

SON: VEINTIDOS MILLONES NOVENTIOCHO MIL SEISCIENTOS SETENTICUATRO Y 943/1000 SOLES

## ANEXO C

16.- Cantera "LA Moderna"



17.- agregado grueso



18.- Fibras de polietileno de alta densidad (HDPE)



19.- Fibras de polietileno de baja densidad (LDPE)



20.- Fibras de polipropileno (PP)



21.- lavado y secado de agregado fino y grueso



22.- Medición del peso unitario tanto del agregado grueso y agregado fino



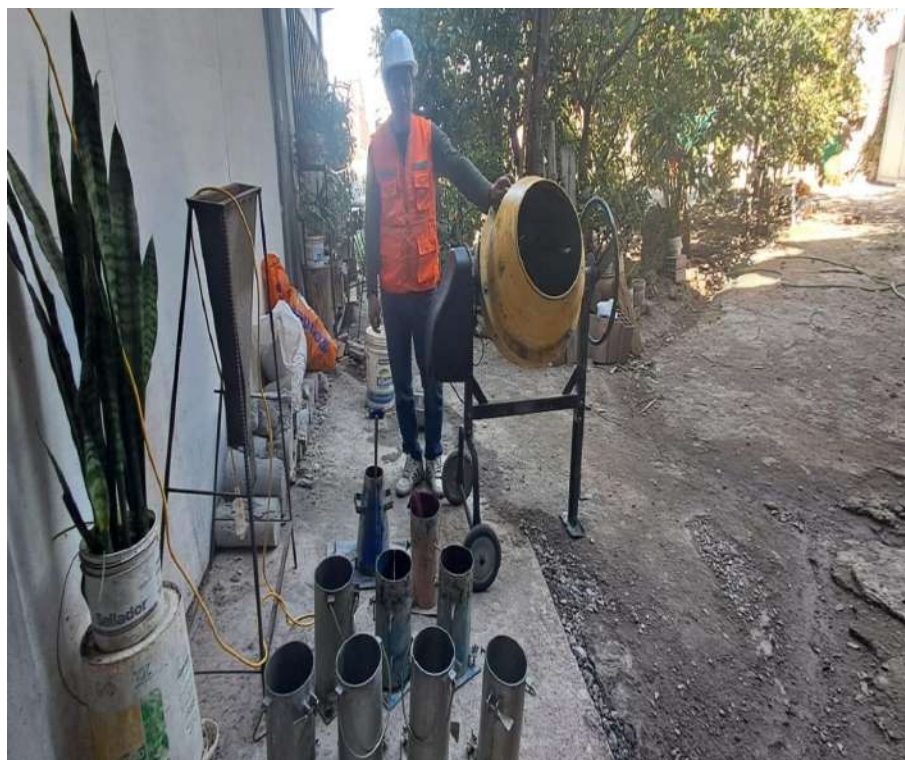
23.- Ensayo de granulometría tanto para agregado finos y gruesos



24.- Absorción del agregado grueso o piedra chancada



25.- Acondicionamiento del trompo y probetas antes de realizar los ensayos



26.- Agregando las fibras de polipropileno a la mezcla fresca



27.- Ensayo de slump para las diferentes dosificaciones



29.- Medición de temperatura para las siguientes dosificaciones



### 29.- Preparación de las probetas de concreto con fibras de polímeros



### 30.- Ensayo de resistencia a compresión





31.- Ensayo de resistencia de flexión



## 32.- Ensayo a tracción



## ANEXO D

### 1.- Certificado de calibración de la balanza



LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD  
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 028-2025 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2025-01-18

1. SOLICITANTE : V.G GEOTECNIA & INGENIERIA S.A.C

DIRECCIÓN : URB. JOSÉ ORTIZ VERGARA MZ. C - HUAMANGA  
AYACUCHO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : YA501

NÚMERO DE SERIE : NO PRESENTA

ALCANCE DE INDICACIÓN : 500 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g

PROCEDENCIA : U.S.A

IDENTIFICACIÓN : (\*) 024

TIPO :ELECTRÓNICA

UBICACIÓN :LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2025-01-15

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

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

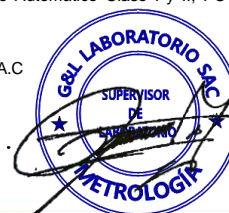
G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4° - ABRIL, 2010.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO V.G. GEOTECNIA & INGENIERIA S.A.C



Gilmer Antonio Huaman Poquioma

Responsable del Laboratorio de Metrología  
Av. Virreyes N° 1115 50  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



1. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	19.6 °C	19.7 °C
Humedad Relativa	41 %	41 %

2. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL	Pesas (exactitud E2)	LM - C - 076 - 2020

3. OBSERVACIONES

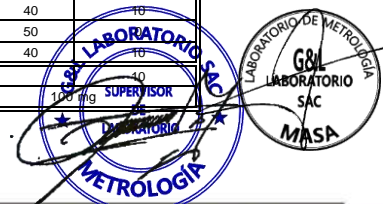
Para 500 g la balanza indicó 499.8 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 004 - 2010. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO". (\*) Código asignado por G&L LABORATORIO SAC.

4. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOS	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1= 250.0 g			Carga L2= 500.0 g		
	I(g)	Δ L (mg)	E (mg)	I(g)	Δ L (mg)	E (mg)
1	250.0	50	0	500.0	40	10
2	250.0	50	0	500.0	40	10
3	250.0	50	0	500.0	50	0
4	250.0	40	10	500.0	50	0
5	250.0	50	0	500.0	50	0
6	250.0	50	0	500.0	50	0
7	250.0	40	10	500.0	40	10
8	250.0	40	10	500.0	40	10
9	250.0	50	0	500.0	50	0
10	250.0	50	0	500.0	40	10
Diferencia Máxima	10			10		
Error máximo permitido	± 100 mg			± 100 mg		





Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Inicial Final

Temp. (°C) 19.6 19.6

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>s</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga Mínima*(g)	l(g)	Δ L (mg)	E <sub>o</sub> (mg)	Carga L (g)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	1.0	1.0	40	10	170.0	170.0	50	0	-10
2		1.0	60	-10		170.0	50	0	10
3		1.0	50	0		170.0	50	0	0
4		1.0	60	-10		170.0	50	0	10
5		1.0	50	0		170.0	60	-10	-10

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 100 mg

ENSAYO DE PESAJE

Temp. (°C) 19.7 19.7

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**) ±(mg)
	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	l(g)	Δ L (mg)	E (mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
1.0	1.0	50	0						100
2.0	2.0	60	-10	-10	2.0	50	0	0	100
5.0	5.0	60	-10	-10	5.0	40	10	10	100
10.0	10.0	50	0	0	10.0	50	0	0	100
20.0	20.0	60	-10	-10	20.0	40	10	10	100
50.0	50.0	50	0	0	50.0	50	0	0	100
100.0	100.0	50	0	0	100.0	50	0	0	100
200.0	200.0	60	-10	-10	200.0	40	10	10	100
300.0	300.0	50	0	0	300.0	50	0	0	100
400.0	400.0	50	0	0	400.0	50	0	0	100
500.0	500.0	60	-10	-10	500.0	60	-10	-10	100

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 1,300E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{017E-04 \text{ g}^2 + 1,233E-12 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E<sub>c</sub>: Error en cero E<sub>s</sub>: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10<sup>-xx</sup> (Ejemplo: E-05 = 10<sup>-5</sup>)



Teléfono: (01) 622 - 5814  
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

## 2.- Certificado de calibración de horno eléctrico



LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°011-2025 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2025-01-18

1. SOLICITANTE : V.G. GEOTECNIA INGENIERIA S.A.C.

DIRECCIÓN : URB. JOSÉ ORTIZ VERGARA MZ. C - HUAMANGA AYACUCHO

2. EQUIPO DE MEDICIÓN: HORNO ELÉCTRICO

MARCA : PINZUAR LTDA.

MODELO : PG - 190

NÚMERO DE SERIE : 228

PROCEDENCIA : COLOMBIA

IDENTIFICACIÓN : EQ - HN - 01

UBICACIÓN : Laboratorio

#### Descripción del Termómetro del Equipo

Tipo : Digital  
Alcance de Indicación : 5 °C a 200 °C  
División de Escala : 0.1 °C

3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

15-01-2025 - LABORATORIO DE SUELOS

4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-018 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009; del SNM-INDECOPI - Perú.

5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Inicial	Final
Temperatura °C	20.0	20.2
Humedad Relativa %HR	42	42

6. TRAZABILIDAD

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de indicación digital de 10 termocoplas	CC - 2505 - 2025



Téc. Gilmer A. Huamán Poquioma

Responsable del Laboratorio de Metrología Mz. E Lt. 60

Teléfono: (01) 522 - 5814  
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de C&L LABORATORIO S.A.C



1. RESULTADOS DE MEDICIÓN

TEMPERATURA DE TRABAJO : 110°C ± 10 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación termómetros patrones (°C)										T. Prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110.0	113.7	110.4	107.5	107.3	108.1	110.3	110.4	108.4	108.6	110.0	109.5	6.4
02	110.0	114.4	110.7	107.8	107.2	108.3	110.6	110.7	108.5	108.7	110.3	109.7	7.2
04	109.8	114.6	110.8	107.9	107.4	108.6	110.3	110.3	108.3	108.3	110.0	109.7	7.2
06	110.0	114.2	110.5	107.9	107.3	108.0	110.0	110.3	108.2	108.1	109.5	109.4	6.9
08	109.9	114.2	110.3	107.5	106.9	108.3	110.3	110.2	108.5	108.7	109.7	109.5	7.3
10	110.0	114.4	110.7	107.9	107.1	108.3	110.4	110.6	108.5	108.4	110.0	109.6	7.3
12	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.3	110.5	110.5	108.5	108.4	110.1	109.7	7.2
14	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.4	110.3	110.5	108.4	108.4	110.0	109.6	7.2
16	110.0	114.1	110.6	107.9	107.5	108.5	110.4	110.5	108.5	108.3	109.9	109.6	6.6
18	110.0	114.2	110.6	107.7	107.1	108.2	110.2	110.4	108.4	108.2	109.8	109.5	7.1
20	109.8	114.2	110.5	107.6	107.0	108.1	110.1	110.3	108.2	108.2	109.7	109.4	7.2
22	110.0	114.0	110.4	107.4	106.8	108.0	110.0	110.0	108.1	107.9	109.3	109.2	7.2
24	109.8	113.4	110.0	107.1	106.6	107.7	109.7	109.8	107.7	107.7	110.0	109.0	6.8
26	110.0	113.7	110.4	107.5	107.3	108.1	110.3	110.4	108.4	108.6	110.0	109.5	6.4
28	110.0	114.4	110.7	107.8	107.2	108.3	110.6	110.7	108.5	108.7	110.3	109.7	7.2
30	110.0	114.6	110.8	107.9	107.4	108.6	110.3	110.3	108.3	108.3	110.0	109.7	7.2
32	109.9	114.2	110.5	107.9	107.3	108.0	110.0	110.3	108.2	108.1	109.5	109.4	6.9
34	110.0	114.2	110.3	107.5	106.9	108.3	110.3	110.2	108.5	108.7	109.7	109.5	7.3
36	109.9	114.4	110.7	107.9	107.1	108.3	110.4	110.6	108.5	108.4	110.0	109.6	7.3
38	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.3	110.5	110.5	108.5	108.4	110.1	109.7	7.2
40	109.9	114.5	110.8	107.7	107.3	108.4	110.3	110.5	108.4	108.4	110.0	109.6	7.2
42	110.0	114.1	110.6	107.9	107.5	108.5	110.4	110.5	108.5	108.3	109.9	109.6	6.6
44	110.0	114.2	110.6	107.7	107.1	108.2	110.2	110.4	108.4	108.2	109.8	109.5	7.1
46	109.8	114.2	110.5	107.6	107.0	108.1	110.1	110.3	108.2	108.2	109.7	109.4	7.2
48	109.8	114.0	110.4	107.4	106.8	108.0	110.0	110.0	108.1	107.9	109.3	109.2	7.2
50	110.0	114.4	110.7	107.9	107.1	108.3	110.4	110.6	108.5	108.4	110.0	109.6	7.3
52	110.0	114.5	110.8	107.7	107.3	108.3	110.5	110.5	108.5	108.4	110.1	109.7	7.2
54	110.0	114.5	110.8	107.7	107.3	108.4	110.3	110.5	108.4	108.4	110.0	109.6	7.2
56	110.0	114.1	110.6	107.9	107.5	108.5	110.4	110.5	108.5	108.3	109.9	109.6	6.6
58	109.9	114.2	110.6	107.7	107.1	108.2	110.2	110.4	108.4	108.2	109.8	109.5	7.1
60	109.9	114.2	110.5	107.6	107.0	108.1	110.1	110.3	108.2	108.2	109.7	109.4	7.2
T. PROM.	109.9	114.2	110.6	107.7	107.2	108.2	110.3	110.4	108.4	108.3	109.9	109.5	
T. MAX	110.0	114.6	110.8	107.9	107.5	108.6	110.6	110.7	108.5	108.7	110.3		
T. MIN	109.8	113.4	110.0	107.1	106.6	107.7	109.7	109.8	107.7	107.7	109.3		
DTT	0.2	1.2	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	1.0	1.0		



PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114.6	0.3
Mínima Temperatura Medida	106.6	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1.2	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	7.1	0.3
Estabilidad Medida (+)	0.6	0.04
Uniformidad Medida	7.3	0.3



T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T. Prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.  
T. MAX: Temperatura máxima.  
T. MIN: Temperatura mínima.  
DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.

Téc. Gilmer A. Huamán Poquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología

Teléfono: (01) 622 - 5814  
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima



CERTIFICADO DE CALIBRACION N°011-2025 GLT

Página 3 de 4

**8. OBSERVACIONES**

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

El esquema de distribución y posición de los termocuplas calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

(\*) Código asignado por G&L LABORATORIO S.A.C

Para la temperatura de 110°C

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

**NOTA:**

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. G&L LABORATORIO SAC. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda darse del uso inadecuado del objeto calibrado.

Una copia de este documento será mantenido en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.



Téc. Gilmer A. Huamán Poquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología

Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

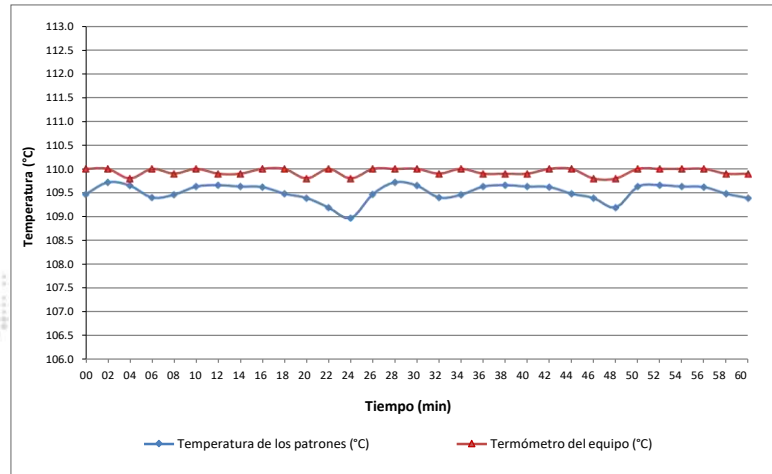
Correo:  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

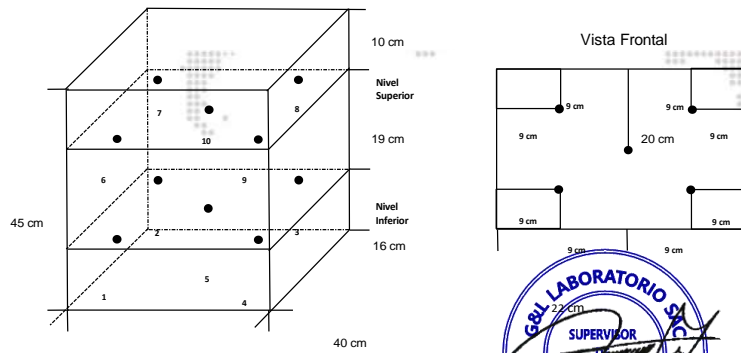
Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO  
TEMPERATURA DE TRABAJO 110°C



UBICACIÓN DE LOS SENSORES



Los sensores se colocaron a 6 cm de altura sobre sus respectivos niveles.



### 3.- Certificado de calibración del tamiz



LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD  
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



## CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 034-2025 GLM

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2025-01-18

1. SOLICITANTE : V.G. GEOTECNIA & INGENIERIA S.A.C  
DIRECCIÓN : URB. JOSÉ ORTIZ VERGARA MZ. C - HUAMANGA AYACUCHO

2. INSTRUMENTO DE : JUEGO TAMICES PARA GRANULOMETRÍA

MARCA : ORION PROCEDENCIA : PERÚ  
MODELO : NO PRESENTA UBICACIÓN : LABORATORIO  
NÚMERO DE SERIE : NO PRESENTA IDENTIFICACIÓN : (\*) 269  
FECHA DE CALIBRACIÓN : 2025-01-15

3. PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA UTILIZADO  
Procedimiento de verificación Comparación directa con patrones calibrados.

4. LUGAR Y FECHA DE INSPECCIÓN  
La verificación se realizó el 15 de Enero del 2025 en el LAB. DE SUELOS V.G. GEOTECNICA & INGENIERIA S.A.C.

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	23.6	23.7
Humedad Relativa %HR	38	38

6. TRAZABILIDAD  
Este informe de inspección documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

7. OBSERVACIONES  
(\*) Código inscrito en el instrumento.  
Este informe de inspección presenta las mediciones realizadas al molde cilíndrico para concreto, los cuales nos permiten confirmar el cumplimiento de los requisitos para la norma técnica ASTM D-422 / D1557.

8. RESULTADOS

TAMICES PARA GRANULOMETRIA (JUEGO 22)					
H (mm)	INDICACIÓN DEL PATRON(mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
72.60	72.61	72.60	72.60	72.60	0.1

Diámetro (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
203.0	203.01	203.0	203.1	203.	2

Peso (kg)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (kg)			PROMEDIO (kg)	ERROR DE INDICACIÓN (kg)
	1	2	3		
488.30 ± 0,01	488.35	488.28	488.32	488.30	0.001

Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratorio.gyl@laboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com



Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa | Etapa Los Olivos

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C

#### 4.- Certificado de calibración de la prensa



LABORATORIO DE  
METROLOGÍA

CALIDAD Y RESPONSABILIDAD  
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 030-2025 PC

Página 1 de 3

1. SOLICITANTE : V.G. GEOTECNIA INGENIERIA S.A.C.

DIRECCIÓN : URB. JOSÉ ORTIZ VERGARA MZ. C - HUAMANGA  
AYACUCHO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA DE CONCRETO

MARCO : PYS EQUIPO

MODELO : STYE - 2000

NÚMERO DE SERIE : 131213

PRECISIÓN :  $\pm 1\%$

MÁXIMA POTENCIA PRUEBA : 2000KN

POWER : 750 W

MÁXIMA VELOCIDAD DE  
ELEVACIÓN DEL PISTÓN : 50mm/min.

VELOCIDAD DE RETORNO  
LIBRE DEL PISTÓN : 20mm/min

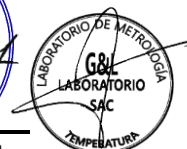
PESO NETO : 850 Kg

RUIDO : AC220V $\pm 10\%$

UBICACIÓN : PROCEDENCIA

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2025 - 01 - 15

LUGAR DE CALIBRACIÓN  
LAB. DE SUELOS Y CONCRETO V.G. GEOTECNIA & INGENIERIA S.A.C



Téc. Gilmer A. Huamán Poquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología

Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C

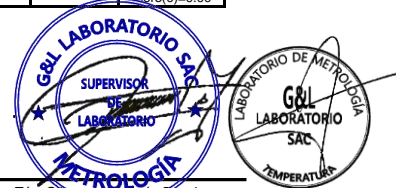


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 030-2025 PC

Página 2 de 3

Lectura Máquina (FI)			Lectura del patrón				
			1 (ASC)	2 (ASC)	2(DISC)	3(ASC)	PROMEDIO LECTURA
%	Kgf	KN	KN	KN	KN	KN	KN
10	10000	98.07	99.34	99.54	-----	100	99.54
20	20000	196.13	200.06	199.76	-----	200	200
30	30000	294.2	299.89	299.69	-----	300.01	299.89
40	40000	392.26	400.6	400.41	-----	400	400.41
50	50000	490.33	500.34	499.94	-----	500	500
60	60000	588.39	600.56	600.46	-----	600	600.46
70	70000	686.46	700.6	700.49	-----	700	700.49
80	80000	784.52	800.42	800.42	-----	800.01	800.2
90	90000	882.69	900.84	900.84	-----	900.01	900.84
100	100000	980.65	1000.96	1000.57	-----	1000	100.57
Lectura máquina después de la fuerza			0	0	-----	0	-----

Lectura Máquina(FI)			Cálculo de error relativo				Resolución	Incertidumbre
			Exactitud	Repetibilidad	Repetibilidad	Accesorios		
%	Kgf	KN	q(%)	b(%)	V(%)	acc(%)	a(%)	U(%)
10	10000	98.07	-1.48	0.66	-----	-----	0.1	0.479
20	20000	196.13	-1.93	0.15	-----	-----	0.05	0.261
30	30000	294.2	-1.9	0.1	-----	-----	0.033	0.249
40	40000	392.26	-2.03	0.15	-----	-----	0.025	0.257
50	50000	490.33	-1.94	0.08	-----	-----	0.02	0.247
60	60000	588.39	-2.01	0.09	-----	-----	0.017	0.249
70	70000	686.46	-2.00	0.1	-----	-----	0.014	0.248
80	80000	784.52	-1.99	0.05	-----	-----	0.012	0.244
90	90000	882.69	-2.03	0.09	-----	-----	0.011	0.252
100	100000	980.65	-1.99	0.1	-----	-----	0.01	0.247
error de cero 0(%)			0	0	No aplica	0	No aplica	Error max de cero(0)=0.00



Téc. Giner A. Huamán Poquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología

Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 277 - 858

Correo:  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 030-2025 PC

Página 3 de 3

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de la organización que lo emite.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. La organización que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.

RESULTADOS DE CALIBRACIÓN

La MAQUINA descrita CUMPLE con los errores máximos tolerados en uso, según lo descrito en la Norma ASTM E 74-13<sup>º</sup> y se procedió a aplicar valores de carga indicadas en la página 02. El proceso de calibración consistió en la aplicación de tres series de carga de celda mediante una gata hidráulica en serie con la celda patrón

CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA

Error de exactitud	-2.03	%	Errores de ceros	0	%
Error de repetibilidad	0.66	%	Errores por accesorios	--	%
Error de reversibilidad	---	%	Resolución	0.100	%

De acuerdo con los datos anteriores y según la clasificación de las Norma internacional ISO 7500-1 la máquina de ensayo se encuentra clasificada.

RECOMENDACIONES:

- 1.- Es necesario implementar un programa de comprobación continua de la MAQUINA con patrones adecuados.
- 2.- Se debe implementar un programa de aseo permanente para la MAQUINA. Esto con el fin de tratar de garantizar un correcto funcionamiento



Tec. Gilmer A. Huáman Poquioma  
Responsable del Laboratorio de Metrología

Teléfono:  
(01) 622 - 5814  
Celular:  
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:  
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com  
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



**UNSCH**

FACULTAD DE  
**INGENIERÍA**  
DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 074-2025-FIMGC

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

En la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la ciudad de Ayacucho, en cumplimiento a la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 503-2025-FIMGC-D**, a los treinta días del mes de diciembre de 2025, siendo las **10:00 a.m.**, reunidos en el **Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil**, bajo la presidencia del **MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO** y los miembros: **Mg. Ing. Rubén Américo YACHAPA CONDEÑA**; **Ing. Daniel FERRÚA CARRIÓN** y **Mg. Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN**, actuando como secretario docente encargado el **Mg. Ing. Saúl Walter RETAMOZO FERNÁNDEZ**, para proceder a la sustentación de tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero Civil**, del bachiller:

**STIVEN ALVARO MOLINA NAVARRO**


Quien presentó la tesis denominada:

**Influencia de fibras de polímeros reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022**

Los señores miembros del jurado, luego de expuesta la tesis y absueltas las preguntas, deliberaron y declararon:

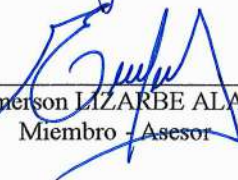
**Aprobado con Quince (15)**

Siendo las **12:00 p.m.** del día **30 de diciembre de 2025**, culmina el acto de sustentación de tesis, y en conformidad con lo actuado, los miembros del jurado firman al pie del presente.

  
MSc. Ing. Jaime Leonardo BENDEZÚ PRADO  
Presidente

  
Mg. Ing. Rubén A. YACHAPA CONDEÑA  
Miembro

  
Ing. Daniel FERRÚA CARRIÓN  
Miembro

  
Ing. Hemerson LIZARBE ALARCÓN  
Miembro - Asesor

  
Mg. Ing. Saúl Walter RETAMOZO FERNÁNDEZ  
Secretario docente de la FIMGC

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DE MINAS Y CIVIL  
Av. Independencia S/N  
Ciudad Universitaria  
Central Tel. 066 312510  
Anexo 151



## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### CONSTANCIA N° 10-2026-FIMGC/ASIH

El que suscribe; responsable verificador de originalidad de trabajos de tesis de pregrado con el software Turnitin, de la Escuelas Profesional de **Ingeniería Civil** de la **Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil**; en cumplimiento a la **Resolución de Consejo Universitario N° 039-2021-UNSCH-CU**, Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y **Resolución Decanal N° 697-2024-FIMGC-UNSCH-D**, dejo constancia de originalidad de trabajo de investigación, que el/la Sr./Srta.

**Apellidos y Nombres** : Stiven Alvaro MOLINA NAVARRO  
**Escuela Profesional** : INGENIERÍA CIVIL  
**Título de la Tesis** : Influencia de fibras de polímeros reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022  
**Evaluación de la Originalidad** : 14 % Índice de Similitud  
**Identificador de la entrega** : 2961284192

Por tanto, según los Artículos 12, 13 y 17 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación, es **PROCEDENTE** otorgar la **Constancia de Originalidad** para los fines que crea conveniente.

En señal de conformidad y verificación se firma la presente constancia

Ayacucho, 14 de mayo del 2026



UNIVERSIDAD NACIONAL DE  
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA  
Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Civil

Mg. Ing. Alex Sander IRCANAUPA HUAMANT  
Verificador de Originalidad de Trabajos de Tesis de Pregrado  
Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Civil

# Influencia de fibras de polímeros reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022

*por* Stiven Alvaro MOLINA NAVARRO

---

**Fecha de entrega:** 14-may-2026 01:06p. m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2961284192

**Nombre del archivo:** Te\_Stiven\_Alvaro\_Molina\_Navarro.pdf (11.03M)

**Total de palabras:** 30910

**Total de caracteres:** 169562

# Influencia de fibras de polímeros reciclados en las propiedades plásticas y mecánicas de concreto pesado en pavimento rígido en el distrito de Ayacucho 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

5%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	3%
2	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	2%
3	<a href="https://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://www.enveldcapital.com">www.enveldcapital.com</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="https://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

---

9	<a href="http://repositorio.upsjb.edu.pe">repositorio.upsjb.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://www.yumpu.com">www.yumpu.com</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.usmp.edu.pe">repositorio.usmp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://apirepositorio.unh.edu.pe">apirepositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorio.uct.edu.pe">repositorio.uct.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://repositorioacademico.upc.edu.pe">repositorioacademico.upc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.utea.edu.pe">repositorio.utea.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080">repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://ri.uaemex.mx">ri.uaemex.mx</a> Fuente de Internet	<1 %

---

20	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
21	Submitted to Universidad Gerardo Barrios de El Salvador Trabajo del estudiante	<1 %
22	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Nacional de Ingenieria Trabajo del estudiante	<1 %
24	<a href="http://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
26	ECOLOGIA Y TECNOLOGIA AMBIENTAL S.A.C. "MEIA para la Implementación del Proyecto Implementar Línea de Cal, Mejoras Ambientales e Integración de Instrumentos Ambientales en la Planta Condorcocha-IGA0006877", R.D. N° 081-2018-PRODUCE/DVMYPE-I/DIGGAM, 2020 Publicación	<1 %
27	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

28	<a href="https://patents.google.com">patents.google.com</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="https://repositorio.continental.edu.pe">repositorio.continental.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="https://repositorio.unach.edu.pe">repositorio.unach.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://www.civil.ist.utl.pt">www.civil.ist.utl.pt</a> Fuente de Internet	<1 %
32	MARÍA ESTHER FERNÁNDEZ IGLESIAS. "Refuerzo de Matrices Cementicias mediante la Valorización de Fibras Sintéticas provenientes de Residuos Post-Consumo", Universitat Politecnica de Valencia, 2013 Publicación	<1 %
33	<a href="http://ruc.udc.es">ruc.udc.es</a> Fuente de Internet	<1 %
34	<a href="https://repositorio.unc.edu.pe">repositorio.unc.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="https://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo