

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Mejora del módulo de rotura de un pavimento rígido con varillas de Pet reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco 2024”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL

AUTORA: Perez Nolberto, Sherly Andrea

ASESOR: Valdivieso Echevarria, Martin Cesar

HUÁNUCO – PERÚ

2025

# U

### TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis ( x )
- Trabajo de Suficiencia Profesional ( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Transporte  
**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)

### CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

**Área:** Ingeniería, tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería del transporte

### DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( x )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

# D

### DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 77227990

### DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 22416570

Grado/Título: Maestro en gestión publica

Código ORCID: 0000-0002-0579-5135

### DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Torres Ponce, Carlos Antonio	Magister en Gestión Pública	22407564	0000-0001-9026-0647
2	Boyanovich Ordoñez, Lili Tatiana	Maestra en Gestión Pública	41948561	0000-0003-1751-1336
3	Jara Trujillo, Alberto Carlos	Maestro en Ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible	41891649	0000-0001-8392-1769

# H



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 13:00 horas del día martes 27 de mayo de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

- |                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| ❖ DR. CARLOS ANTONIO TORRES PONCE     | PRESIDENTE |
| ❖ MG. LILI TATIANA BOYANOVICH ORDOÑEZ | SECRETARIA |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO    | VOCAL      |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 0984-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "MEJORA DEL MÓDULO DE ROTURA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO CON VARILLAS DE PET RECICLADO Y AGREGADOS DE LA CANTERA DE ANDABAMBA PARA UN  $F' C=210\text{KG}/\text{CM}^2$  EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Sherly Andrea PEREZ NOLBERTO, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

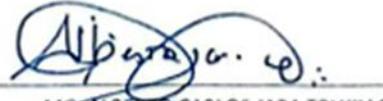
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) *Aprobado* por *Unanimidad* con el calificativo cuantitativo de *13* y cualitativo de *Suficiente* (Art. 47).

Siendo las *14:34* horas del día 27 del mes de mayo del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
DR. CARLOS ANTONIO TORRES PONCE  
DNI: 22407564  
ORCID: 0000-0001-9026-0647  
**PRESIDENTE**

  
MG. LILI TATIANA BOYANOVICH ORDOÑEZ  
DNI: 41948561  
ORCID: 0000-0003-1751-1336  
**SECRETARIO (A)**

  
MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO  
DNI: 41891649  
ORCID: 0000-0001-8392-1769  
**VOCAL**



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: SHERLY ANDREA PÉREZ NOLBERTO, de la investigación titulada "Mejora del módulo de rotura de un pavimento rígido con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco-2024", con asesor(a) MARTIN CESAR VALDIVIESO ECHEVARRIA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 3029-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 22 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 04 de abril de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## 12. Pérez Nolberto, Sherly Andrea.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**22%**

INDICE DE SIMILITUD

**22%**

FUENTES DE INTERNET

**1%**

PUBLICACIONES

**10%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	6%
<b>2</b>	<a href="http://repositorio.udh.edu.pe">repositorio.udh.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
<b>3</b>	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
<b>4</b>	<a href="http://repositorio.unheval.edu.pe">repositorio.unheval.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
<b>5</b>	<a href="http://repositorio.unh.edu.pe">repositorio.unh.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
<b>6</b>	<a href="http://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
<b>7</b>	<a href="http://repository.udistrital.edu.co">repository.udistrital.edu.co</a> Fuente de Internet	1%



**RICHARD J. SOLIS TOLEDO**  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



**FERNANDO F. SILVERIO BRAVO**  
D.N.I.: 40618286  
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo, primero a Dios, mi guía y fortaleza, cuya presencia ha sido el pilar que sostiene cada uno de mis pasos, sin su luz y sabiduría, este logro no habría sido posible. A mi madrecita Doris, quien con amor y sacrificio me enseñó a luchar por mis sueños y a no rendirme jamás; su fe en mí ha sido una fuente inagotable de inspiración. A mi esposo José, mi socio de mi vida, por su sustento constante y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles; su amor y paciencia han sido mi refugio y mi impulso. A mis hijos Iam y Evans, mi mayor alegría y motivación, cuyo amor me da la fuerza para dar siempre lo mejor de mí y construir un futuro digno para ellos, y a mi hermana Luciana, por ser un ejemplo de generosidad y apoyo incondicional, siempre presente en cada paso de este camino. A todos ustedes, con profunda gratitud y amor, dedico este trabajo que es tan suyo como mío.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a mi casa universitaria por desarrollarme en lo académico y personal. Esta institución ha sido un faro de conocimiento, un espacio donde he cultivado no solo habilidades académicas, sino también valores fundamentales que llevaré conmigo a lo largo de mi vida.

Agradezco profundamente a los buenos docentes que, con su vocación y dedicación, han sido una fuente invaluable de conocimientos y guía a lo largo de mi formación, inspirándome a alcanzar mis metas con responsabilidad y compromiso. A mis familiares cercanos, gracias por su apoyo incondicional y por brindarme el ánimo necesario en cada paso de este proceso; su amor ha sido mi fuerza en los tiempos duros, y a mis amigos, por su compañerismo y por ser siempre un respaldo en esta travesía. A todos ustedes, les dedico este logro con gratitud y aprecio.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	IX
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I.....	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA BASE .....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....	16
1.3. OBJETIVOS .....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA .....	18
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO .....	20

2.1.	ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....	20
2.1.1.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	20
2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES .....	21
2.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES .....	23
2.2.	BASES TEÓRICAS .....	24
2.2.1.	CONCRETO.....	24
2.2.2.	PAVIMENTO RÍGIDO.....	28
2.2.3.	PET .....	31
2.2.4.	ENSAYO DE FLEXIÓN .....	32
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES.....	34
2.4.	HIPÓTESIS .....	35
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL .....	35
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECIFICA .....	35
2.5.	VARIABLES.....	37
2.5.1.	VARIABLE DEPENDIENTE .....	37
2.5.2.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	37
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	38
CAPÍTULO III.....		40
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		40
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	40
3.1.1.	ENFOQUE.....	40
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL .....	40
3.1.3.	DISEÑO.....	40
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	41
3.2.1.	POBLACIÓN .....	41
3.2.2.	MUESTRA.....	41
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	41

3.3.1.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	45
3.3.3.	PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS .....	45
	CAPÍTULO IV.....	47
	RESULTADOS.....	47
4.1.	PROCESAMIENTO DE DATOS.....	47
4.2.	CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	52
4.2.1.	HIPÓTESIS GENERAL .....	52
4.2.2.	HIPÓTESIS ESPECIFICA 1 .....	55
4.2.3.	HIPÓTESIS ESPECIFICA 2 .....	58
4.2.4.	HIPÓTESIS ESPECIFICA 3 .....	61
	CAPÍTULO V.....	65
	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	65
	CONCLUSIONES .....	67
	RECOMENDACIONES.....	68
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
	ANEXOS.....	73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características de la elaboración del concreto 210 kg/cm <sup>2</sup> .....	26
Tabla 2 Consistencia y asentamiento .....	28
Tabla 3 Muestras por grupo de estudio .....	41
Tabla 4 Módulo de rotura del grupo patrón.....	47
Tabla 5 Valor de la media y desviación estándar.....	47
Tabla 6 Módulo de rotura con 02 varillas de PET reciclado.....	48
Tabla 7 Valor de la media y desviación estándar.....	48
Tabla 8 Módulo de rotura con 03 varillas de PET reciclado.....	49
Tabla 9 Valor de la media y desviación estándar.....	50
Tabla 10 Módulo de rotura con 04 varillas de PET reciclado.....	50
Tabla 11 Valor de la media y desviación estándar.....	51
Tabla 12 Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio .....	52
Tabla 13 Valores estadísticos de los grupos de estudio .....	53
Tabla 14 Normalidad de los grupos de estudio.....	54
Tabla 15 Prueba t aplicada a los grupos.....	54
Tabla 16 Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio .....	55
Tabla 17 Valores estadísticos de los grupos de estudio .....	56
Tabla 18 Normalidad de los grupos de estudio.....	57
Tabla 19 Prueba t aplicada a los grupos.....	57
Tabla 20 Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio .....	58
Tabla 21 Valores estadísticos de los grupos de estudio .....	59
Tabla 22 Normalidad de los grupos de estudio.....	60
Tabla 23 Prueba t aplicada a los grupos.....	60
Tabla 24 Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio .....	61
Tabla 25 Valores estadísticos de los grupos de estudio .....	62
Tabla 26 Normalidad de los grupos de estudio.....	63
Tabla 27 Prueba t aplicada a los grupos.....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Dosificación del concreto $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	26
Figura 2	Asentamiento del concreto .....	27
Figura 3	Asentamiento por el método del cono de Abrams .....	28
Figura 4	Esquema de pavimento de concreto reforzado .....	30
Figura 5	Ensayo del módulo de rotura .....	34
Figura 6	Valores del módulo de rotura del patrón a 28 días .....	48
Figura 7	Valores del módulo de rotura con 02 varillas de PET a 28 días ...	49
Figura 8	Valores del módulo de rotura con 03 varillas de PET a 28 días ...	50
Figura 9	Valores del módulo de rotura con 04 varillas de PET a 28 días ...	51
Figura 10	Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio .....	53
Figura 11	Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio .....	56
Figura 12	Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio .....	59
Figura 13	Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio .....	62

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Trituración de los plásticos PET .....	95
Fotografía 2 Molde de varillas PET y controlador de temperatura .....	95
Fotografía 3 Pisón metálico .....	96
Fotografía 4 Varilla metálica .....	96
Fotografía 5 PET triturado se le añadirá al molde y se prensará el PET fundido .....	97
Fotografía 6 Fundición y prensado del PET .....	97
Fotografía 7 Adición de desmoldante a los moldes prismas rectangulares para vigas de 50 x15 x 15 cm .....	98
Fotografía 8 Selección del agregado fino .....	98
Fotografía 9 Selección del agregado Grueso .....	99
Fotografía 10 Pesaje del agregado fino para las vigas con $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	99
Fotografía 11 Pesaje del agregado grueso para la dosificación de mezcla de las vigas con $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	100
Fotografía 12 Pesaje del agua para las vigas con $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	100
Fotografía 13 Pesaje del cemento tipo I para elaborar el concreto de vigas con $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	101
Fotografía 14 Adición del agregado grueso y agregado fino al trompo.....	101
Fotografía 15 Adición del cemento y agua al trompo.....	102
Fotografía 16 Ensayo del Slump para determinar su asentamiento del concreto con $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	102
Fotografía 17 Ensayo del Slump para determinar su asentamiento del concreto con $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .....	103
Fotografía 18 Elaboración de vigas con $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con medidas de 50 x 15 x 15 cm patrón .....	103
Fotografía 19 Muestras de las varillas PET .....	104
Fotografía 20 Elaboración de vigas con $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con medidas de 50 x 15 x 15 cm reforzado con 2 varillas PET.....	104
Fotografía 21 Elaboración de vigas con $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con medidas de 50 x 15 x 15 cm reforzado con 3 varillas PET.....	105
Fotografía 22 Elaboración de vigas con $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con medidas de 50 x 15 x 15 cm reforzado con 4 varillas PET.....	105

Fotografía 23 Enrasamiento de las vigas PET.....	106
Fotografía 24 Proceso de curado de vigas con $F'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con medidas de 50 x 15 x 15 cm.....	106
Fotografía 25 Trazos de los apoyos para realizar el ensayo de resistencia a la flexión con una carga central NTP 339.079 .....	107
Fotografía 26 Ensayo de resistencia a la flexión de vigas con $F'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ (Patrón).....	107
Fotografía 27 Rotura de vigas con $F'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ (Patrón) .....	108
Fotografía 28 Ensayo de resistencia a la flexión de vigas con $F'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 2 varillas de refuerzo .....	108
Fotografía 29 Rotura de las vigas con $F'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 2 varillas de refuerzo.....	109
Fotografía 30 Ensayo de resistencia a la flexión de vigas con $F'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ de 3 varillas de refuerzo.....	109
Fotografía 31 Rotura de vigas con $F'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ de 3 varillas de refuerzo .....	110
Fotografía 32 Ensayo de resistencia a la flexión de vigas de concreto con $F'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 4 varillas de refuerzo .....	110
Fotografía 33 Rotura de las vigas de concreto con $F'_c= 210 \text{ kg/cm}^2$ con 4 varillas de refuerzo.....	111

## RESUMEN

Este trabajo de investigación analizó el uso innovador de varillas de PET reciclado en pavimentos rígidos, evaluando su impacto en el módulo de rotura, una propiedad crucial que determina la resistencia del pavimento ante cargas de flexión. El principal objetivo fue determinar el módulo de rotura de un pavimento rígido con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco. Luego de realizar los ensayos y el procesamiento adecuado de manera estadística los resultados obtenidos revelan un incremento significativo en el módulo de rotura de los pavimentos reforzados con varillas de PET reciclado con un diámetro de 3/8 pulgadas en comparación con los pavimentos rígidos convencionales, donde el módulo de rotura del concreto patrón fue de  $45.732 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el módulo de rotura con 02, 03 y 04 varillas de PET reciclado fue de  $50.070 \text{ kg/cm}^2$ ,  $52.302 \text{ kg/cm}^2$  y  $49.592 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente; concluyendo así que el uso de varillas de PET reciclado de 3/8 pulgadas no solo contribuye a mejorar las propiedades mecánicas del pavimento rígido, sino que también es una alternativa sostenible y económica que aprovecha los desechos plásticos.

**Palabras clave:** Concreto, reciclado, pavimento rígido, módulo de rotura, varillas de PET, flexión.

## ABSTRACT

This research work analyzed the innovative use of recycled PET rods in rigid pavements, evaluating its impact on the modulus of rupture, a crucial property that determines the resistance of the pavement to bending loads. The main objective was to determine the modulus of rupture of a rigid pavement with recycled PET rods and aggregates from the Andabamba quarry for a  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  in the city of Huánuco. After carrying out the tests and the appropriate processing in a statistical manner, the results obtained reveal a significant increase in the modulus of rupture of the pavements reinforced with recycled PET rods with a diameter of 3/8 inches compared to conventional rigid pavements, where The modulus of rupture of the standard concrete was  $45,732 \text{ kg/cm}^2$ , while the modulus of rupture with 02, 03 and 04 recycled PET rods was  $50,070 \text{ kg/cm}^2$ ,  $52,302 \text{ kg/cm}^2$  and  $49,592 \text{ kg/cm}^2$  respectively; thus concluding that the use of 3/8 inch recycled PET rods not only contributes to improving the mechanical properties of rigid pavement, but is also a sustainable and economical alternative that takes advantage of plastic waste.

**Keywords:** Concrete, recycled, rigid pavement, modulus of rupture, PET rods, bending.

## INTRODUCCIÓN

La acumulación de residuos plásticos, particularmente del polietileno tereftalato (PET), es una problemática ambiental crítica en todo el mundo. Este material es ampliamente utilizado en envases de bebidas y alimentos, generando grandes volúmenes de desechos difíciles de gestionar, debido a su resistencia a la degradación. La falta de reciclaje adecuado contribuye a la contaminación de ecosistemas marinos y terrestres, afectando a la biodiversidad como a la salud humana. La necesidad de encontrar soluciones eficientes y sostenibles para el tratamiento del PET es, por tanto muy urgente.

En respuesta a esta problemática, diversas investigaciones se han enfocado en métodos de reciclaje y reutilización del PET que permitan mitigar su impacto ingenieril y ambiental. Estas soluciones no siempre resultan efectivas para disminuir los residuos plásticos generados, por lo que se han explorado aplicaciones innovadoras en el ámbito de la construcción. El uso de PET en la fabricación de materiales de construcción no solo permitiría reducir los desechos plásticos, sino también mejorar las propiedades físicas y mecánicas de ciertos elementos estructurales.

En este contexto, una alternativa prometedora es el uso de PET reciclado para la fabricación de varillas destinadas a pavimentos rígidos. Las investigaciones preliminares han mostrado que las varillas de PET pueden integrarse con el concreto en estos pavimentos, actuando como refuerzos que contribuyen a mejorar su resistencia estructural. Esta aplicación presenta un doble beneficio, ya que permite aprovechar el PET en desuso y, al mismo tiempo, desarrolla un tipo de pavimento más resistente y duradero. El concreto reforzado con PET se convierte en una solución económica y sostenible frente a los métodos tradicionales, que dependen en gran medida de materiales no renovables y presentan limitaciones en cuanto a durabilidad en ambientes extremos.

El módulo de rotura es una propiedad clave en los pavimentos rígidos, pues determina la capacidad del material para soportar cargas sin fracturarse. Esta característica es especialmente importante en carreteras y vías de alto tráfico, donde el pavimento está sometido a esfuerzos

constantes. Incorporar varillas de PET reciclado en el diseño de estos pavimentos ha demostrado mejoras en el módulo de rotura, lo que se traduce en una mayor vida útil y un menor costo de mantenimiento a largo plazo. Este avance en la tecnología de pavimentos no solo implica una reducción en el consumo de materiales tradicionales, sino que optimiza las características del concreto.

Además, el proceso de producción de varillas de PET es relativamente sencillo y accesible, lo que facilita su implementación en proyectos de construcción a gran escala. La fabricación de estas varillas implica la recolección, limpieza y procesamiento del PET, lo cual es menos costoso y energéticamente más eficiente que la producción de refuerzos convencionales como el acero. Esto permite que el concreto reforzado con PET se convierta en una alternativa atractiva en países en desarrollo, donde la gestión de residuos plásticos y los costos de construcción son problemas importantes a abordar.

A nivel ambiental, el uso de varillas de PET reciclado también ofrece beneficios significativos. Al integrar estos materiales en pavimentos, se reduce la acumulación de plásticos en vertederos y la demanda de materiales vírgenes, contribuyendo a la economía circular. Asimismo, se disminuye la emanación de gases de efecto invernadero asociados a la producción de materiales de construcción tradicionales, lo que responde a las metas globales de sostenibilidad y reducción del cambio climático. Esta propuesta, por lo tanto, no solo aborda el problema del reciclaje de PET, sino que también apoya las estrategias de desarrollo sostenible en el ámbito de la construcción.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA BASE

Los pavimentos rígidos son comúnmente utilizados en infraestructuras viales debido a su durabilidad y resistencia. Sin embargo, estos pavimentos presentan desafíos relacionados con la fisuración y la necesidad de mantenimiento a lo largo del tiempo. Las grietas pueden surgir debido a factores como cargas pesadas, cambios de temperatura y asentamientos del suelo. El mantenimiento y la reparación de pavimentos rígidos pueden resultar costosos y generar impactos ambientales negativos debido al consumo de recursos. Para abordar los desafíos asociados con los pavimentos rígidos, una solución innovadora implica la inclusión de varillas de PET reciclados en la mezcla de concreto. El PET reciclado proviene de botellas de plástico recicladas, lo que no solo reduce la cantidad de desechos plásticos, sino que también proporciona beneficios mecánicos y ambientales al concreto.

A nivel internacional, la adopción de pavimentos rígidos con varillas de PET reciclados podría tener impactos significativos. Reduciría la dependencia de materiales tradicionales y disminuiría la huella de carbono asociada con la producción de concreto convencional. Además, al utilizar materiales reciclados, se fomentaría la economía circular y se abordaría la creciente preocupación global sobre la gestión de residuos plásticos.

En el Perú, la implementación de esta solución podría conducir a una infraestructura vial más sostenible y rentable. La reducción en los costos de mantenimiento y reparación de los pavimentos rígidos podría traducirse en ahorros para los gobiernos y mejorar la eficiencia en la gestión de la red vial. Además, la adopción de prácticas sostenibles podría contribuir a la imagen medioambiental positiva del país.

En la ciudad de Huánuco, la introducción de pavimentos con varillas de PET reciclados podría beneficiar directamente a las comunidades. Menos interrupciones debidas a reparaciones viales, menor congestión del tráfico y la posibilidad de utilizar materiales locales reciclados para la construcción

pueden mejorar la calidad de vida de los residentes. Además, esto podría promover iniciativas locales de reciclaje y sostenibilidad.

En general, la incorporación de varillas de PET reciclados en pavimentos rígidos representa una solución que no solo aborda los problemas inherentes a este tipo de pavimentos, sino que también contribuye a la sostenibilidad ambiental a nivel global, nacional y local.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

¿De qué manera mejorará el módulo de rotura de un pavimento rígido con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál será el módulo de rotura de un pavimento rígido con 02 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024?
- ¿Cuál será el módulo de rotura de un pavimento rígido con 03 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024?
- ¿Cuál será el módulo de rotura de un pavimento rígido con 04 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024?

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el módulo de rotura de un pavimento rígido con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $f F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el módulo de rotura de un pavimento rígido con 02 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.
- Determinar el módulo de rotura de un pavimento rígido con 03 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.
- Determinar el módulo de rotura de un pavimento rígido con 04 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

El diseño de pavimentos rígidos implicó la selección y disposición de materiales que proporcionen resistencia y durabilidad adecuadas para soportar las cargas del tráfico y las condiciones ambientales. El concreto, un material ampliamente utilizado en pavimentos rígidos, tiene propiedades mecánicas que lo hacen idóneo para resistir cargas repetidas y condiciones adversas. Sin embargo, el concreto también presenta desafíos, principalmente relacionados con la fisuración debida a cargas cíclicas, cambios térmicos y asentamientos del suelo. La fisuración puede llevar a la pérdida de la integridad estructural y aumentar la necesidad de mantenimiento y reparación.

Las varillas de PET reciclados actuaron como refuerzo en el concreto, mejorando su resistencia a la tracción y flexión. Esto redujo la probabilidad de fisuración y aumenta la capacidad de carga del pavimento, prolongando su vida útil. El PET reciclado es más ligero que los refuerzos tradicionales, lo que puede disminuir el peso total de la estructura del pavimento. Esto es especialmente relevante en proyectos de ingeniería donde se busca optimizar la eficiencia estructural y reducir cargas sobre el suelo. El PET reciclado puede mitigar las variaciones térmicas en el concreto, reduciendo así el riesgo

de fisuración inducida por cambios de temperatura. Esto es especialmente valioso en regiones con climas extremos.

#### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

La resistencia mejorada del pavimento resultante de la adición de varillas de PET reciclados reduce los costos asociados con el mantenimiento y las reparaciones. Menos fisuras y daños significan menos interrupciones en la operación de las carreteras y una disminución en los gastos a largo plazo para los organismos gubernamentales y los propietarios de infraestructuras. Así mismo el PET reciclado es un material ligero en comparación con los refuerzos tradicionales, lo que no solo facilita la manipulación y la construcción, sino que también disminuye la carga sobre el suelo. Esto es particularmente beneficioso en áreas con suelos débiles, contribuyendo a la estabilidad de la estructura y evitando problemas de asentamiento. También la utilización de varillas de PET reciclados aborda problemas ambientales al reciclar desechos plásticos, reduciendo así la cantidad de residuos en vertederos. Esta práctica sostenible alinea el diseño de pavimentos con las preocupaciones actuales sobre la gestión de residuos y promueve la economía circular.

#### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

La metodología comenzó con una exhaustiva caracterización de los materiales, incluidos los agregados, el cemento y las varillas de PET reciclados. Esta caracterización es esencial para comprender las propiedades físicas y mecánicas de cada componente, lo que facilita el diseño de una mezcla de concreto optimizada. Así mismo la incorporación de varillas de PET reciclados requirió un diseño de mezcla específico que tenga en cuenta las propiedades únicas de este material. La metodología implicó ajustar las proporciones de los elementos de la mezcla para garantizar la homogeneidad, resistencia y durabilidad del concreto resultante. La validación del diseño de mezcla implicó la realización de ensayos de laboratorio para evaluar

propiedades como el esfuerzo a la compresión, a la tracción y durabilidad frente a ciclos de carga. Estos ensayos proporcionaron datos cuantitativos que respaldan la idoneidad y eficacia del diseño de pavimentos rígidos con varillas de PET reciclados.

### **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

- Las investigaciones son muy escasas a nivel local sobre el tema de estudio que se desarrollara.
- Las muestras se realizaron en función de la cantidad de varillas que se la añadirá.
- Los ensayos para determinar el módulo de rotura solo fueron a través del ensayo de flexión.

### **1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

El estudio fue factible ya que:

- Se sostuvo la disponibilidad de medios indispensables, como acceso a bibliotecas, bases de datos, laboratorios, material de investigación.
- La formulación clara y precisa de los objetivos del estudio facilita la planificación y ejecución del estudio.
- El estudio abordó un tema relevante y significativo en el campo de estudio.
- Se contó con una población o muestra necesaria para la investigación. Una muestra representativa y accesible mejora la validez y aplicabilidad de los resultados.
- El tiempo que se estimó para realizar la investigación está planteada y planificada adecuadamente.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Hernández (2021) en la tesis titulada Evaluación del Módulo de ruptura del concreto con adición de PET y polipropileno, tuvo como objetivo evaluar los materiales pétreos para el diseño de la mezcla de concreto hidráulico. La investigación tiene como resultado que a compresión a 28 días la mayoría de los especímenes llegaron a la edad de diseño compresión de  $339 \text{ kg/cm}^2$ , pero en vigas ninguna llegó al módulo de rotura de diseño; sin embargo, a los 90 días las vigas a flexión obtuvieron más altas del módulo de rotura, relativamente mejor que los 3 cilindros de compresión. La investigación concluye que los especímenes que tuvieron un comportamiento más congruente respecto a lo esperado en las pruebas de concreto endurecido tanto en destructivas, como en no destructiva, fue la mezcla de 0.7%-PER, debido a que la variación de resistividad, compresión y Módulo de ruptura fueron parecidos a los resultados esperados de  $F'_c$  y RE, respectivamente.

Blancas (2020) en esta tesis titulada Evaluación de mezclas de concreto modificadas con PET reciclado y adición mineral; su influencia en el módulo de ruptura y la durabilidad de pavimentos rígidos, donde tuvo como objetivo evaluar y optimizar las características del concreto hidráulico para pavimentos rígidos mediante el aumento de fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y adiciones minerales como la Ceniza de Bagazo de Caña (CBC). La investigación concluye que la investigación logró cumplir con los objetivos establecidos desde el inicio, comenzando con la caracterización, selección y preparación de materiales adecuados para las mezclas de concreto bajo estudio. Además, se abordó el diseño de las mezclas utilizando el parámetro de resistencia mecánica (MR). El programa experimental comprendió la

creación de especímenes cilíndricos y prismáticos para evaluar propiedades tanto en estado fresco (como el revenimiento, potencial de hidrógeno y temperatura) como en estado endurecido (incluyendo resistividad eléctrica, velocidad de pulso ultrasónico, resistencia a la compresión, a la tensión y a la flexión, módulo de elasticidad estático y dinámico, resistencia a los sulfatos, carbonatación y absorción capilar).

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

Pablo (2018) en su estudio Evaluación de la influencia de las fibras de polietileno en el diseño, construcción y durabilidad de pavimento de concreto en la ciudad de Cerro de Pasco – 2017, tuvo objetivo analizar la adición de fibras de polietileno en el concreto hidráulico y de esa manera encontrar una alternativa innovadora para el diseño de pavimentos de concreto en Cerro de Pasco. La investigación tiene como resultado que las probetas cilíndricas a compresión y vigas a flexión fue bajo las normas ASTM, MTC, NTP. La investigación llega a la conclusión de que la incorporación de una cantidad óptima de fibras de polietileno obtenidas a partir de reusar de botellas de plástico en la mezcla de concreto tiene un efecto beneficioso en la mejora de las características mecánicas, en particular la resistencia a la flexión, que se refleja netamente en el Módulo de Rotura (MR). Esto conlleva a la posibilidad de utilizar un espesor menor en las losas de concreto, lo que se interpreta en una opción económica y respetuosa con el medio ambiente.

Medina (2020) en la tesis titulada Influencia de diferentes porcentajes de tiras de plástico en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto y su aplicación como pavimento rígido, Trujillo 2019. La investigación tiene como objetivo analizar el impacto de distintos porcentajes de tiras de plástico en la permeabilidad, así como en la resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable. Los resultados respaldaron la hipótesis formulada. Se determinó que el porcentaje óptimo de incorporación de tiras de

plástico para maximizar la resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable es del 0.10%. Esto condujo a un aumento del 17.09% en la resistencia a la compresión (de 185.40 a 217.09 kg/cm<sup>2</sup>) y un incremento del 49.81% en la resistencia a la flexión (de 34.69 kg/cm<sup>2</sup> a 51.97 kg/cm<sup>2</sup>). La investigación concluyó que la presencia de tiras de plástico en diferentes porcentajes tiene un impacto significativo en la permeabilidad, así como en la resistencia a la compresión y flexión del concreto permeable.

Castro (2021) en la tesis titulada Determinación y evaluación del comportamiento mecánico del concreto mediante adición de plástico reciclado (PET) en la construcción de edificaciones para la ciudad de Abancay. La investigación tiene como objetivo examinar la incorporación del plástico reciclado PET en el concreto y evaluar sus posibles efectos. La investigación tiene como resultado el hecho de que a medida que se aumenta la proporción de plástico reciclado PET como sustituto del agregado fino, se evidencia una disminución en el valor medio ponderado de la resistencia a la compresión. Además, se observa que a medida que más plástico reciclado sustituye al agregado fino, este reduce en peso. Aunque la resistencia general baja, se nota que el plástico reciclado no impide completamente la mejora del valor de la resistencia al aplastamiento. En consecuencia, la proporción de plástico reciclado que se aproxima más a una combinación típica de concreto es aquella con una sustitución del 5% de PET. Concluyendo que se ha podido determinar que el PET sustituye en 5 %, 10 %, 15 % al agregado fino, en la preparación de un concreto de resistencia  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ , lo cual no resulta ser beneficioso para el aumento o igualdad del valor de resistencia a la compresión de un concreto convencional de resistencia  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Leandro y Huamán (2021) en la tesis titulada Fibras recicladas de polietileno en el diseño de pisos industriales para mejorar la resistencia a cargas estáticas y dinámicas, tuvo objetivo mejorar la capacidad de

resistencia a cargas estáticas y dinámicas mediante la utilización de fibras recicladas de polietileno en la elaboración de pisos industriales, empleando un enfoque mediante experimentos. Para lograr esto, se llevó a cabo un estudio minucioso de las características de los agregados en un laboratorio especializado en estudios de suelos, específicamente en el laboratorio científico para ensayos de suelos de. La investigación tiene como resultado que las capas con menor espesor mostraron esfuerzos más altos cuando se sometieron a una carga indicada. Sin embargo, con un grosor de 25 cm, se observa una resistencia superior en comparación con la de 20 cm.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Flores (2020) en la tesis titulada Determinar la resistencia a la flexión que alcanza el concreto reforzado con fibras de plástico PET reciclado en los pavimentos rígidos en la ciudad de Huánuco – 2019. La investigación tiene como objetivo presentar el uso de forma efectiva de la gran cantidad de desechos de plástico PET generados en la ciudad de Huánuco. En este sentido, se desarrolló un diseño que apunta a alcanzar una resistencia del concreto de  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  como referencia (0% - muestra patrón). La comparación de la resistencia a flexión del concreto normal la  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  reforzado con fibras PET para el tipo (A + piedra  $\frac{1}{2}$  in), los resultados obtenidos muestran que para el 0.05%, 0.10% y 0.15% del volumen del espécimen, no muestran mejoras en el concreto endurecido, reduciendo en 1.81%, 5.73%, 7.11% respectivamente, para 28 días. Se concluye que el concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  reforzado con fibras PET indistintamente del tamaño de piedra con el que se diseña los pavimentos de concreto, la fibra que mejora la resistencia es aquel que tiene mayor longitud; siendo el tipo B (5mm x 50mm).

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. CONCRETO**

Castillo (2018) menciona que el concreto es un compuesto resultante de la combinación de cemento hidráulico, agregado fino (arena), agregado grueso (grava), aire y agua. Su formación se inicia con la ocurrencia de reacciones químicas entre el agua y el cemento, conocidas como hidratación. Durante este proceso, los agregados se integran formando una pasta que, al fraguar o endurecerse, pierde su plasticidad para transformarse en un material sólido y resistente.

#### **2.2.1.1. TIPOS DE CEMENTO**

- **Cemento Hidráulico**

Castillo (2018) indica que es un polvo fino aglutinante compuesto por arcilla y piedra caliza, obtenido a través de la molienda de minerales que se someten a altas temperaturas. Al concluir el proceso, se produce un material que fragua y se endurece mediante una reacción química con el agua, de ahí su denominación como cemento hidráulico.

- **Cemento Portland**

Castillo (2018) menciona que el Cemento Portland, el tipo más común de cemento hidráulico, se compone químicamente de aluminio silicato de calcio. Sus principales componentes incluyen aluminato tricálcico, ferroaluminato tetracálcico, silicato tricálcico y silicato dicálcico. Durante su producción, se generan estos silicatos, que constituyen más del 50% de su peso. Al entrar en contacto con el agua, se forman hidróxido de calcio e hidrato de silicato de calcio. La presencia de estos compuestos en el concreto confiere propiedades como estabilidad dimensional, resistencia y endurecimiento.

### **2.2.1.2. COMPONENTES DEL CONCRETO**

- **Cemento**

Rodríguez (2018) indica que es un artículo popular con propiedades tanto adherentes como aglutinantes que permiten unir agregados para formar el concreto, estas propiedades dependen de la composición química, grado de hidratación, la finura de las partículas, velocidad de fraguado, calor de hidratación, resistencia mecánica.

- **Agua**

Según la NTP 339.088 (2019) dice que para la elaboración del concreto tiene que estar libre de sustancias que disminuyan sus propiedades del concreto. Por lo que se concluye el agua tiene que ser potable para el uso del concreto.

- **Agregado Fino**

Según la NTP 400.037 (2018) nos menciona que este agregado se extrae de forma natural o artificial que pasa por el tamiz (3/8 in) que esta queda retenida en el tamiz (nro. 200).

- **Agregado Grueso**

La NTP 400.037 (2018) define que es el material retenido en la malla (nro. 4) que esta proveniente de las demoliciones de rocas que se pueden establecer como piedras chancadas.

### **2.2.1.3. DOSIFICACIÓN DE LA MESCLA DEL CONCRETO**

El manual Aceros Arequipa (2010) indica que la proporción recomendada es 1 bolsa de cemento, 2/3 de una carretilla de arena gruesa, 2/3 de una carretilla de piedra triturada y la cantidad de agua que se requiera para obtener una mezcla pastosa que permita un buen trabajo, este concreto, al igual que en las columnas y vigas.

**Figura 1**

*Dosificación del concreto  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$*



*Nota:* Se muestra la dosificación del concreto manual. Fuente: Manual Aceros Arequipa (2010).

- **Características del concreto**

**Tabla 1**

*Características de la elaboración del concreto 210 kg/cm<sup>2</sup>*

<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</b>	<b>20 kilos</b>	<b>40 kilos</b>
<b>RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN</b>	210 kg. /cm <sup>2</sup>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Mezcla seca con Cemento Tipo I + Arena gruesa + Piedra Huso 89	
<b>PROPORCIÓN</b>	Arena Gruesa = 52% y Piedra Chancada = 48%	
<b>RELACIÓN (AGUA/CEMENTO)</b>	0.69	
<b>SLUMP (ASENTAMIENTO)</b>	2 a 3 Pulgadas	
<b>CUMPLE CON</b>	NTP 334.123, NTP 400.037	
<b>CANTIDAD DE AGUA POR BOLSA (LITROS)</b>	2.25 a 2.375	4.50 a 4.75
<b>RENDIMIENTO POR BOLSA</b>	0.009 m <sup>3</sup>	0.018 m <sup>3</sup>
<b>PARA 1 m<sup>3</sup> SE REQUIERE</b>	111 bolsas	56 bolsas

*Nota:* Se muestra las características de un concreto. Fuente: Quikrete Perú (s/f)

#### **2.2.1.4. ENSAYO EN ESTADO FRESCO DEL CONCRETO**

- **Asentamiento**

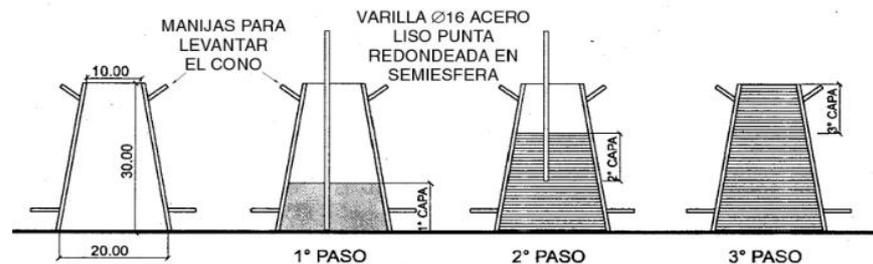
Santos (2019) dice que para medir el asentamiento se utiliza un sencillo ensayo de campo y laboratorio conocido como cono de

Abrams, que es el asentamiento que representa la resistencia del hormigón a sufrir distorsiones. Para controlar la calidad del concreto recién colado, la prueba de asentamiento es una herramienta crucial que ofrece información sobre la uniformidad de la mezcla. El procedimiento del cono de Abrams es sin duda el ensayo más común para determinar la trabajabilidad del hormigón fresco, y el ensayo de slump flow (extensión del flujo) es un método muy utilizado por su sencillez y el coste del equipo.

Perles (2006) indica se agregan tres capas iguales de la mezcla al molde cónico y cada cubierta se compacta con un fierro de acero de 60 cm de largo. Mediante 25 potentes golpes que penetran en cada capa a compactar. Cuando se alcanza la parte superior, se alisa el hormigón nivelándolo con una cuchara.

**Figura 2**

*Asentamiento del concreto*

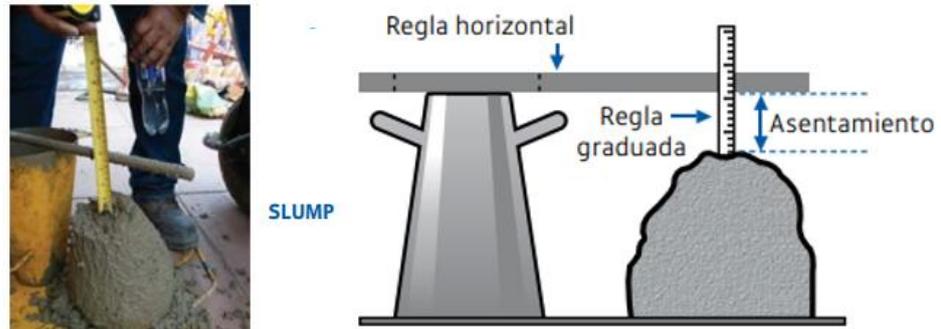


*Nota:* Se muestra el ensayo de Slump. Fuente: Perles (2006).

Perles (2006) dice que se levanta el molde usando las asas hasta que la mezcla quede completamente libre. Posteriormente se utiliza una regla de comparación horizontal fijada en 30 cm, apoyada sobre el molde de tronco cónico. Se utiliza una regla adicional colocada verticalmente para medir el asiento producido a partir de la base.

**Figura 3**

*Asentamiento por el método del cono de Abrams*



*Nota:* Se muestra el asentamiento. Fuente: Manual de Aceros Arequipa (2010).

- **Consistencia de mezclas según su asentamiento**

El manual Aceros Arequipa (2010) indica los tipos de consistencia que son:

- Consistencia seca: Mezcla que en su compuesto tiene un exceso de agregados o una mínima cantidad de agua con respecto a los demás materiales.
- Consistencia plástica: Mezcla hecha para que circule rápidamente y se adecue a un encofrado sin segregarse.
- Consistencia fluida: Mezcla realizada con una significativa cantidad de agua, lo que se observa por su fluidez adentro de los encofrados

**Tabla 2**

*Consistencia y asentamiento*

<b>Consistencia</b>	<b>Asentamiento</b>
Seca	0 in (0cm) a 2 in (5cm)
Plástica	3 in (7.5cm) a 4 in (10cm)
Fluida	≥ 5in (12.5cm)

*Nota:* Se muestra valores por mezcla. Fuente: Manual de Aceros Arequipa (2010).

### **2.2.2. PAVIMENTO RÍGIDO**

Morales (2005) menciona que un pavimento de concreto o pavimento rígido se compone esencialmente de una placa de concreto, ya sea simple o reforzada, que se asienta directamente sobre una base

o subbase. Gracias a su firmeza y alta capacidad de elasticidad, la losa tiene la capacidad de absorber la mayoría de las tensiones generadas por el tráfico en el pavimento, lo que da como resultado una disposición efectiva de los pesos de las ruedas y, en consecuencia, niveles bajos de tensión en la capa inferior de soporte.

### **2.2.2.1. TIPOS DE PAVIMENTO RÍGIDO**

- **Pavimento de concreto simple con juntas**

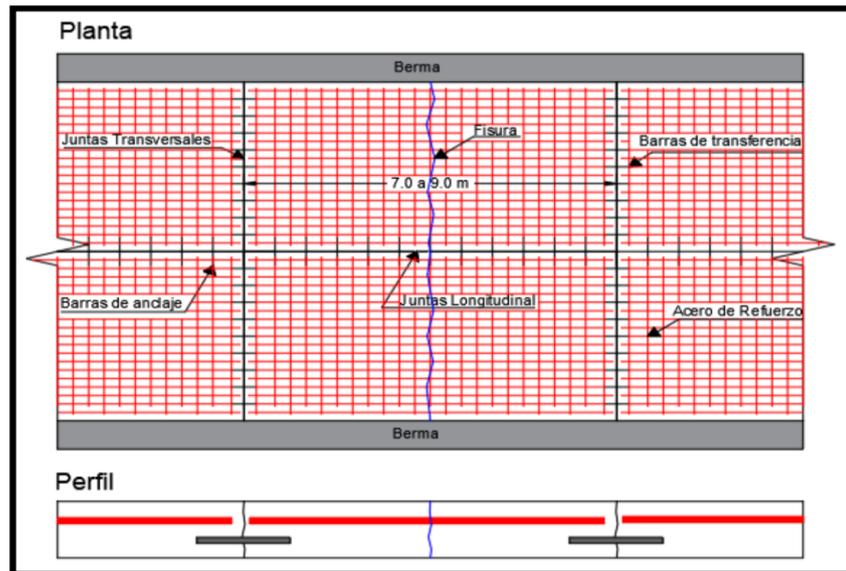
Jaimes (2020) menciona que en este tipo de pavimento, no es necesario incorporar refuerzos de armadura en las placas de concreto. En su lugar, se establece un intervalo variable de 3 a 6 metros entre las juntas de construcción transversales con el objetivo de controlar las fisuras que puedan surgir debido a las variaciones de temperatura y humedad que experimenta el concreto. Según el diseño, la transferencia de carga entre las losas adyacentes puede lograrse mediante la unión de agregados o el uso de barras de transferencia, que son barras de acero liso. Además, se colocan barras de anclaje en las juntas longitudinales, dispuestas en dirección perpendicular al eje de la vía. Este tipo de pavimento es ampliamente utilizado debido a su construcción más simple y económica.

- **Pavimentos de concreto reforzado**

Jaimes (2020) indica que en este sistema, se emplea acero de refuerzo, lo que conlleva a un aumento en la distancia entre las juntas transversales, que se sitúa en el rango de 7 a 9 metros. A pesar de la presencia de material de refuerzo, se anticipa la formación de fisuras controladas en el interior de la losa. Es fundamental utilizar barras de transferencia o la unión de agregados en las juntas transversales para asegurar la transferencia efectiva de cargas entre las placas de concreto.

**Figura 4**

*Esquema de pavimento de concreto reforzado*



*Nota:* Se muestra valores por mezcla. Fuente: Jaimes (2020).

- **Pavimento de concreto reforzado**

Jaimes (2020) dice que en este sistema, la presencia de juntas de contracción no es necesaria gracias al refuerzo continuo que se utiliza, similar al empleado en losas de entrepiso. Las fisuras transversales que se pueden observar están relacionadas con el acero de refuerzo presente en la losa y suelen tener una abertura aproximada de 0.5 milímetros, con un espacio típico de 0.60 a 2.0 metros entre una fisura y otra.

### **2.2.2.2. MÉTODO DE DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO**

Jaimes (2020) dice que se encuentran diversas técnicas para calcular la estructura de un pavimento rígido, que se fundamentan en modelos matemáticos y en lecciones aprendidas a través de la experiencia práctica. Estos enfoques ofrecen varias alternativas para diseñar la estructura de un pavimento, que incluyen la utilización de catálogos de pavimentos predefinidos, la aplicación de gráficos de diseño (ábacos) y métodos de cálculo prácticos.

### **2.2.3. PET**

Según Cayllaua (2014) define que el Tereftalato de Polietileno (PET) es una clase de poliéster termoplástico que se fabrica primordialmente a partir de dos componentes principales: Ácido Tereftálico y Etilenglicol. Sin embargo, es posible producirlo empleando Dimetil Tereftalato en lugar de Ácido Tereftálico. Estos componentes, al someterse a un proceso de polimerización con la ayuda de catalizadores y aditivos, dan lugar a las diversas variedades de PET.

#### **2.2.3.1. PROPIEDADES DEL PET**

Martínez (2007) menciona que el PET, un polímero de alta calidad originado del petróleo, forma parte de los plásticos artificiales conocidos como poliésteres, específicamente, es un termoplástico. Este material se destaca por su excepcional transparencia y brillo, así como por sus propiedades destacadas de resistencia mecánica y capacidad para actuar como barrera frente a los gases. El PET, un polímero de alta calidad derivado del petróleo, forma parte de los plásticos sintéticos conocidos como poliésteres, específicamente, es un termoplástico. Este material se destaca por su excepcional transparencia y brillo, así como por sus propiedades destacadas de resistencia mecánica y capacidad para actuar como barrera frente a los gases.

#### **2.2.3.2. TIPOS DEL PET**

- **Homopolímero de PET**

Martínez (2007) define que es sintetizado mediante la polimerización en una proporción de 1:1 de ácido Tereftálico (TPA) o Dimetil Tereftalato (DMT) y Etilenglicol (EG).

- **Copolímero de PET**

Martínez (2007) menciona que se produce mediante la polimerización con un exceso de ácido tereftálico (TPA), no superando el 3% mol, o 1.4 ciclo hexanodimetanol, que no excede

el 5% mol. Este tipo de PET es el más apropiado para el forjado por soplado de alta velocidad.

- **PETG (Polietileno tereftalato glicol))**

Martínez (2007) dice que este copolímero se obtiene a partir de la polimerización de Dimetil tereftalato (DMT) con un 15-34% mol de 1.4 ciclo hexanodimetanol, siendo principalmente utilizado en la fabricación de tarjetas de crédito. El PETG exhibe un espectro infrarrojo diferente a los otros dos tipos, tiene una densidad de aproximadamente  $1.27 \text{ g/cm}^3$ , una viscosidad ínfima de  $0.65 \text{ dL/g}$ , y una temperatura de transformación vítrea próxima de  $86 \text{ }^\circ\text{C}$ . Además, es básicamente sin forma y no presenta un punto de fusión.

#### **2.2.4. ENSAYO DE FLEXIÓN**

##### **2.2.4.1. MÁQUINA DE ENSAYO A FLEXIÓN**

NTP 339.078 (2012) nos dice que los aparatos para la flexión en el concreto deben ser capaces de mantener constante la longitud del tramo especificado y las distancias entre placas de carga dentro de  $\pm 1,0 \text{ mm}$ . La relación de la distancia horizontal entre el punto de aplicación de la carga y el punto de aplicación de la reacción más cercana a la profundidad de la viga deberá ser de  $1,0 \pm 0,03$ . El aparato será capaz de mantener constante la distancia entre apoyos y la distancia entre placas de carga, con aproximación de  $2,0 \text{ mm}$ .

##### **2.2.4.2. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO A FLEXIÓN**

NTP 339.079 (2012) indica que el espécimen se rota desde un flanco en relación con la posición de fundición y se coloca en el bloque de soporte. Centra la estructura de carga en relación con la fuerza fijada. Coloque el bloque de fijación de carga entre el 3% y el 6% de la carga máxima calculada. Viga de carga prolongada y sin golpes. La carga se aplica a una tasa continua hasta el punto

de quiebre. Aplique la carga a una velocidad que aumente la tensión máxima de la fibra, de 0,9 MPa/min a 1,2 MPa/min. El rango de cantidad de aplicación de carga se calcula usando la siguiente fórmula:

$$r = \frac{2Sbd^2}{3L}$$

Donde:

r: es la relación de carga, en N/min

S: tasa de incremento de la tensión máxima en la cara de tracción, en MPa/min

b: ancho promedio de la viga según su disposición para el ensayo, en mm

P: Es la carga máxima de rotura indicada por la máquina de ensayo, en N

L: Es la luz libre entre apoyos, en mm

b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en mm

h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en mm.

d: altura promedio de la viga, según su orden para el ensayo, en mm

L: longitud del tramo, en mm

Nota: El peso de la viga no está incluido en los cálculos antes detallados

NTP 339.079 (2012), nos dice que el módulo de rotura se calculará mediante la siguiente fórmula:

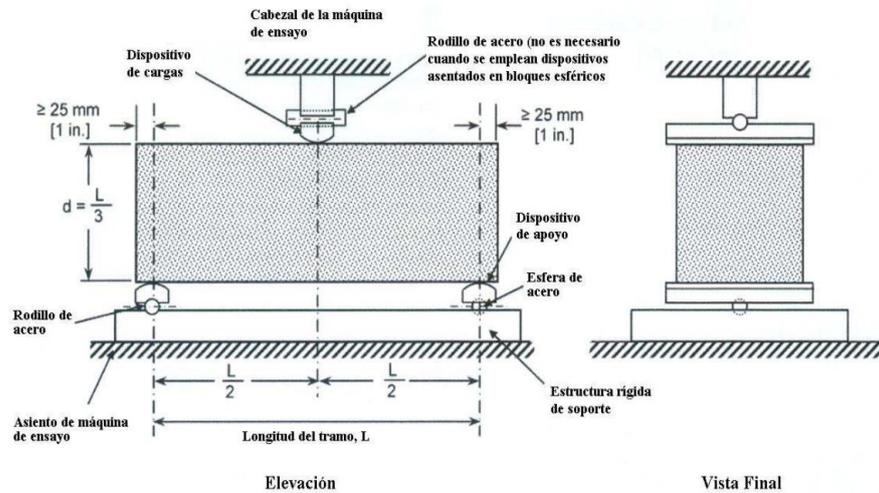
$$M_R = \frac{3PL}{2bh^2}$$

En donde:

Mr: es el módulo de rotura, en MPa.

**Figura 5**

*Ensayo del módulo de rotura*



*Nota:* Se muestra el ensayo del módulo de rotura. Fuente: NTP 339.079 (2012).

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Acero:** Quiroga (2021) nos dice que el acero es una combinación de hierro y carbono, y además, en su composición se pueden encontrar otros elementos tales como silicio (Si), fósforo (P), azufre (S), manganeso (Mn) y cromo (Cr).
- **Agregado:** Alfonso & Torres (2014) plantean que el agregado se sugiere a los materiales de origen natural o artificial que, combinados con cemento, agua y aditivos, forman el compuesto llamado concreto.
- **Agregado fino:** Alfonso & Torres (2014) definen al agregado fino como el material que pasa en un 95% de sus partículas por el tamiz No.4, de 4.76 mm (3/16 in) de abertura entre hilos.
- **Agregado grueso:** Alfonso & Torres (2014) mencionan que el agregado grueso es el material que queda retenido en el tamiz de 150 mm (6 in), cuyas partículas son en un 95% mayores de 4.76 mm.
- **Cemento:** Fonseca & Díaz (2020) mencionan que el cemento es el componente esencial en la construcción conocido como cemento, al mezclarse con agua, origina una pasta moldeable que tiene la propiedad de fraguar tanto en el aire como bajo el agua. La existencia de edificaciones, construcciones técnicas e industriales, instalaciones

de infraestructura, presas, carreteras y puentes que nos rodean sería inconcebible sin la presencia fundamental del cemento.

- **Homopolímero:** Calvillo (2011) menciona que los homopolímeros son macromoléculas formadas por la repetición de unidades monómeros idénticas. La celulosa y el caucho son Homopolímero naturales. El polietileno y el PVC son Homopolímeros sintéticos.
- **Polietileno:** Cardona, Lavernia, & Alcerro (2010) definen al polietileno como un tipo de plástico clasificado dentro de la categoría de los termoplásticos, forma parte de los cuatro subgrupos principales de materiales industriales ampliamente utilizados en la actualidad.
- **Copolímero:** Según Rivas (2012) menciona que son designados como un polímero que engloba más de un tipo de unidad repetitiva. El caso más sencillo es el mencionado para polímeros sintéticos, con solo dos tipos de unidad repetitiva (A y B) presentes en un copolímero.
- **Asfalto:** Según Arteaga (2018) indican que es un elemento natural de la gran parte de los petróleos. El petróleo crudo se destila para dividir en muchas fracciones y recobrar el asfalto.
- **Pavimento:** Cuervo (2018) menciona que el pavimento se puede definir como la base horizontal de una determinada construcción que sirve de apoyo a las personas, animales o cualquier pieza de mobiliario.

## 2.4. HIPÓTESIS

### 2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Existe mejora significativa del módulo de rotura de un pavimento rígido con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

### 2.4.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA

- H01: El módulo de rotura de un pavimento rígido con 02 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba será superior en un 2% con respecto al módulo de rotura de un

pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

- Ha1: El módulo de rotura de un pavimento rígido con 02 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba no será superior en un 2% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.
- H02: El módulo de rotura de un pavimento rígido con 03 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba será superior en un 5% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.
- Ha2: El módulo de rotura de un pavimento rígido con 03 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba será superior en un 5% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.
- H03: El módulo de rotura de un pavimento rígido con 04 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba será superior en un 7% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.
- Ha3: El módulo de rotura de un pavimento rígido con 04 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba no será superior en un 7% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Módulo de rotura del pavimento rígido con agregados de la cantera de Andabamba.

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Varillas de PET reciclado.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	TIPO DE VARIABLE	ESPECIFICACIONES	UNIDADES	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
<b>INDEPENDIENTE</b> Varillas de PET reciclado. <b>D. conceptual:</b> Según Cayllaua (2014), El (PET) es un tipo de poliéster termoplástico que se fabrica primordialmente a partir de dos componentes principales: <b>D. operacionalización:</b> El plástico PET (polietilentereftalato) es un tipo de polímero termoplástico. Es conocido por su transparencia, ligereza, durabilidad y capacidad para resistir.	Características físicas y químicas	Composición de las varillas de PET.	Nominal	Fichas técnicas del PET	mm %	Observacional directa  Fichas técnicas
		Color y textura	Nominal			
		Morfología	Nominal			
<b>DEPENDIENTE</b> Módulo de rotura a flexión del pavimento rígido. <b>D. conceptual:</b> NTP 339.078 (2012), El módulo de rotura de flexión, es una medida de la resistencia del material a flexionarse o doblarse antes de romperse. Este parámetro es esencial para comprender cómo el material resiste las fuerzas aplicadas. <b>D. operacionalización:</b> Cuando se trata de pavimentos rígidos, como los pavimentos de concreto, el	Agregados de la cantera de Andabamba	Selección de materiales (Ensayo de granulometría, peso específico y desgaste de los ángeles)	Continua	(NTP 400.037)	%	Mallas granulométricas Equipo para peso específico
		Diseño de mezcla		(NTP 339.088)	Kg	Equipo para abrasión al desgaste de agregados
				(NTP 339.035)	m <sup>3</sup>	
	Módulo de rotura del pavimento rígido	Ensayo para el módulo de rotura del pavimento rígido para un	Continua	(NTP 339.079) (NTP 339.059)	kg/cm <sup>2</sup>	Máquina de rotura de ensayo a flexión.

---

módulo de rotura a flexión se refiere a la capacidad del concreto para soportar fuerzas de flexión antes de fracturarse.

---

$f'c=210 \text{ kg/cm}^2$   
con 02, 03, 04  
varillas de PET.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1. ENFOQUE**

Tuvo un enfoque cuantitativo.

Hernández et al., (2010) menciona que es la compilación de información que se utiliza para verificar las hipótesis a través de pruebas estadísticas. Ya que se contó con una cantidad de muestras tanto patrón como los especímenes con varillas añadidas de PET reciclado son cuantificables.

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

Tuvo un nivel explicativo.

Hernández et al., (2010) menciona que las investigaciones explicativas buscan más que describir conceptos o fenómenos. Esto es porque se contó con grupos de estudio tanto patrón y experimental al cual se le añadirá el PET reciclado para ser evaluado.

##### **3.1.3. DISEÑO**

Tuvo un diseño cuasi experimental.

Según Hernández et al., (2010) dice que en este diseño los individuos de ensayo no son cogidos por casualidad, sino por el contrario se tiene una asociación delimitada. Los grupos de estudio fueron tanto de control son de manera tradicional, mientras que el grupo experimental se le añadirá varillas de PET reciclado al pavimento para evaluar su módulo de rotura a flexión.

#### **Esquema de la investigación**

**GE: O1 X O3**

**GC: O2 O4**

Donde:

GE = Grupo experimental

GC = Grupo control

O1 y O2 = Preprueba

X = Tratamiento

O3 y O4 = Post prueba

## 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

### 3.2.1. POBLACIÓN

La población estuvo representada por 40 muestras donde estará compuesta por el grupo control y el grupo experimental, a lo cual se incorporó las varillas de PET reciclado.

### 3.2.2. MUESTRA

El muestreo realizado es no probabilístico, y detalla mejor en la tabla de elección de muestra.

Tabla 3

*Muestras por grupo de estudio*

Cantidad de muestras de grupo patrón	Cantidad de muestras con varillas de PET reciclado incorporado al pavimento			Total de muestras a ensayar
	02	03	04	
10 muestras a 28 días.	10 muestras a 28 días.	10 muestras a 28 días.	10 muestras a 28 días.	40

*Nota.* Se detalla que el número de muestras es de 10.

## 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

### 3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Hernández et al. (2010) mencionan que las técnicas comprenden un conjunto de medios o recursos dirigidos a reunir, mantener, analizar y transmitir los datos de los fenómenos sobre los cuales se investiga.

La recolección de datos en el contexto de la elaboración de pavimentos rígidos al añadir varillas de PET reciclados implica diversas

técnicas que proporcionarán información valiosa sobre el proceso de construcción y las características del pavimento resultante.

- Recolectar muestras de concreto en diferentes etapas de la elaboración para realizar pruebas de laboratorio y evaluar las propiedades mecánicas del pavimento con varillas de PET reciclados.
- El personal técnico apoya para obtener información cualitativa a través de entrevistas con el personal de construcción para comprender la percepción sobre la implementación de varillas de PET reciclados y cualquier desafío o éxito experimentado durante el proceso.
- La observación directa consta en realizar inspecciones visuales periódicas del pavimento en construcción para identificar posibles problemas, como segregación de materiales o irregularidades en la distribución de las varillas de PET reciclados.
- Realizar pruebas de calidad en el sitio para garantizar que la mezcla de concreto y la colocación de varillas se ajusten a las especificaciones y estándares requeridos.
- Realizar pruebas para evaluar a los agregados, así como el ensayo la resistencia del pavimento, especialmente considerando la presencia de varillas de PET reciclados.

Estas técnicas permitirán una recopilación completa de datos durante la elaboración del pavimento rígido con varillas de PET reciclados, asegurando que se cumplan los objetivos de diseño y proporcionando información valiosa para futuras evaluaciones y mejoras.

#### **Proceso de obtención de las varillas de PET reciclado:**

1. **Recolección de botellas de plástico PET:** El primer paso es recolectar botellas de plástico PET usadas. Estas botellas se pueden obtener a través de programas de reciclaje, centros de reciclaje, o incluso a través de la recolección de residuos.

2. **Clasificación y limpieza:** Las botellas recolectadas se clasifican según su color y se lavan para eliminar cualquier residuo o contaminante. Este proceso es crucial para garantizar la calidad del material reciclado.
3. **Trituración:** Una vez limpias, las botellas de plástico PET se trituran en pequeños trozos. Esto puede hacerse mediante trituradoras industriales especializadas. El resultado es conocido como escamas de PET.
4. **Extrusión y conformado:** Las escamas de PET se funden y se dan forma a través de una matriz para formar varillas del tamaño y la forma deseada, para nuestro caso usaremos de diámetro de 3/8 in. Este proceso implica calentar los trozos de PET a altas temperaturas y luego forzarlas a través de una boquilla para dar forma a las varillas.
5. **Enfriamiento y corte:** Una vez formadas, las varillas de PET reciclado se enfrían y se cortan a la longitud adecuada según las especificaciones del proyecto.
6. **Pruebas de calidad:** Se realizan pruebas de calidad en las varillas de PET reciclado para garantizar que cumplan con los estándares requeridos para su uso como refuerzo en pavimentos de concreto. Esto puede incluir pruebas de resistencia, durabilidad y adherencia.

#### **Procedimiento de laboratorio para la obtención del módulo de rotura:**

1. **Preparación de muestras de pavimento con varillas de PET:**
  - Se preparan probetas de concreto que representen el pavimento rígido, con las dimensiones adecuadas según las normativas NTP 339.059 (2011), siendo estas de 15 cm x 15 cm x 45 cm.
  - Se incorporan las varillas de  $\phi = 3/8$ " de PET de reciclado en las probetas de concreto durante la mezcla, asegurándose de distribuir las uniformemente dentro de la muestra.
2. **Curado de las muestras:**
  - Las probetas de concreto con varillas de PET se colocan en una cámara de curado donde se mantienen bajo condiciones controladas de temperatura y humedad durante un período específico 28 días para

permitir que el concreto se endurezca adecuadamente y alcance su máxima resistencia.

**3. Preparación para pruebas de módulo de rotura:**

- Una vez curadas, las muestras se retiran de la cámara de curado y se preparan para las pruebas de cálculo de módulo de rotura donde se marcan a las dimensiones requeridas para las pruebas de laboratorio.

**4. Pruebas de flexión según normativa:**

- Se llevan a cabo las pruebas de módulo de rotura de acuerdo con la normativa NTP 339.079 (2012), que rigen la determinación del módulo de rotura. Esto generalmente implica el uso de una máquina de ensayo universal para poner una carga gradualmente creciente en el medio de la muestra hasta que se produce la rotura, como puede ser verificado en la norma ya mencionada.

**5. Cálculo del módulo de rotura:**

- A partir de los datos reunidos durante los exámenes de laboratorio, se calcula el módulo de rotura del pavimento rígido con la adición de varillas de PET reusadas. Este cálculo se realiza utilizando la fórmula de acuerdo con la normativa NTP 339.079 (2012).

**6. Análisis de resultados:**

- Se analizan los resultados obtenidos para evaluar la resistencia y el comportamiento estructural del pavimento rígido reforzado con varillas de PET reciclado. Se comparan los valores obtenidos con los requisitos especificados en las normativas o los criterios de diseño del proyecto.

**7. Informe de resultados:**

- Se elabora un informe que documenta los procedimientos de prueba, los datos recopilados y los resultados obtenidos. Este informe puede incluir conclusiones sobre la viabilidad y eficacia del uso de varillas de PET reciclado como refuerzo en pavimentos rígidos, así como recomendaciones para futuras investigaciones o aplicaciones.

### **3.3.1.1 Instrumentos**

Los instrumentos usados fueron:

### **Fichas de evaluación y observación:**

Hernández et al. (2006) indican que es un método que consiste en la inspección ordenada, válido y fiable de comportamientos y situaciones observables, a través de un conjunto de categorías y subcategorías.

Los instrumentos utilizados son:

- Ficha de diseño de mezcla
- Ficha de ensayos de agregado
- Ficha de Ensayo del módulo de rotura de flexión.

### **3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS**

El tratamiento de datos en un estudio sobre la elaboración de pavimentos rígidos con la adición de varillas de PET reciclados es crucial para analizar la información recopilada y obtener conclusiones significativas.

#### **Análisis Estadístico Descriptivo:**

Calcular la media, la mediana y la desviación estándar para describir la distribución y la variabilidad de los datos relacionados con la elaboración del pavimento.

#### **Análisis Comparativo:**

Comparar datos entre grupos específicos, por ejemplo, pavimentos con varillas de PET reciclados versus pavimentos sin ellas, utilizando pruebas estadísticas adecuadas para determinar la significancia de las diferencias.

#### **Análisis Temporal:**

Se recopilaron datos en diferentes momentos durante la elaboración del pavimento, analizar las tendencias temporales para identificar patrones o cambios significativos.

### **3.3.3. PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

El análisis de datos en un estudio sobre la elaboración de pavimentos rígidos con la adición de varillas de PET reciclados implica

diversas técnicas para extraer información significativa y llegar a conclusiones relevantes.

**Análisis Estadístico Descriptivo:**

Calcular medidas de tendencia central (media) y medidas de dispersión (desviación estándar) para describir la distribución de datos relacionados con la elaboración del pavimento.

**Análisis de Frecuencias:**

Determinar la frecuencia y porcentaje de ocurrencia de diferentes eventos o características durante la elaboración del pavimento, como la cantidad de varillas de PET reciclados utilizadas en cada sección.

**Pruebas de Hipótesis:**

Se realizaron pruebas estadísticas, como la prueba t de Student o la de ANOVA, para evaluar si hay desigualdades relevantes entre los grupos, por ejemplo, pavimentos con diferentes proporciones de varillas de PET reciclados.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 4

*Módulo de rotura del grupo patrón*

MUESTRA	N° DE VARILLAS PET RECICLADO	EDAD	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
				(L) cm	(b) cm	(h) cm	
1	PATRON	28	2284.13	45	15	15	45.68
2	PATRON	28	2290.25	45	15	15	45.80
3	PATRON	28	2282.09	45	15	15	45.64
4	PATRON	28	2286.17	45	15	15	45.72
5	PATRON	28	2293.31	45	15	15	45.87
6	PATRON	28	2291.27	45	15	15	45.83
7	PATRON	28	2283.11	45	15	15	45.66
8	PATRON	28	2287.19	45	15	15	45.74
9	PATRON	28	2285.15	45	15	15	45.70
10	PATRON	28	2283.11	45	15	15	45.66

Tabla 5

*Valor de la media y desviación estándar*

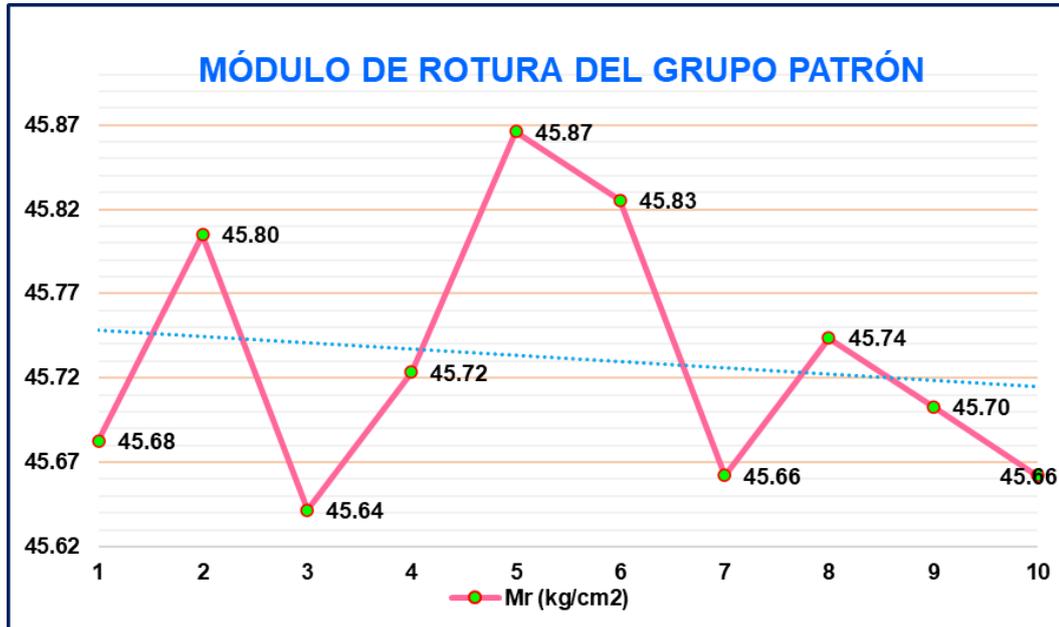
Módulo de rotura del patrón a 28 días		
N	Válido	10
	Perdidos	0
Media		45,732
Desviación estándar		,073

#### Interpretación

La tabla muestra los valores del MR del grupo patrón donde el valor de la media es 45.732 kg/cm<sup>2</sup>; y la desviación estándar de 0.073 kg/cm<sup>2</sup> que viene a ser la dispersión que tiene los valores de las muestras con respecto a la media viéndose que tan cercanas son a esta.

**Figura 6**

Valores del módulo de rotura del patrón a 28 días



Nota. Se muestra los valores obtenidos en laboratorio del MR.

**Tabla 6**

Módulo de rotura con 02 varillas de PET reciclado

MUESTRA	N° DE VARILLAS PET RECICLADO	EDAD	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm²)
				(L) cm	(b) cm	(h) cm	
1	02	28	2410.57	45	15	15	48.21
2	02	28	2415.67	45	15	15	48.31
3	02	28	2421.79	45	15	15	48.44
4	02	28	2408.53	45	15	15	48.17
5	02	28	2417.71	45	15	15	48.35
6	02	28	2419.75	45	15	15	48.39
7	02	28	2412.61	45	15	15	48.25
8	02	28	2416.69	45	15	15	48.33
9	02	28	2422.81	45	15	15	48.46
10	02	28	2411.59	45	15	15	48.23

**Tabla 7**

Valor de la media y desviación estándar

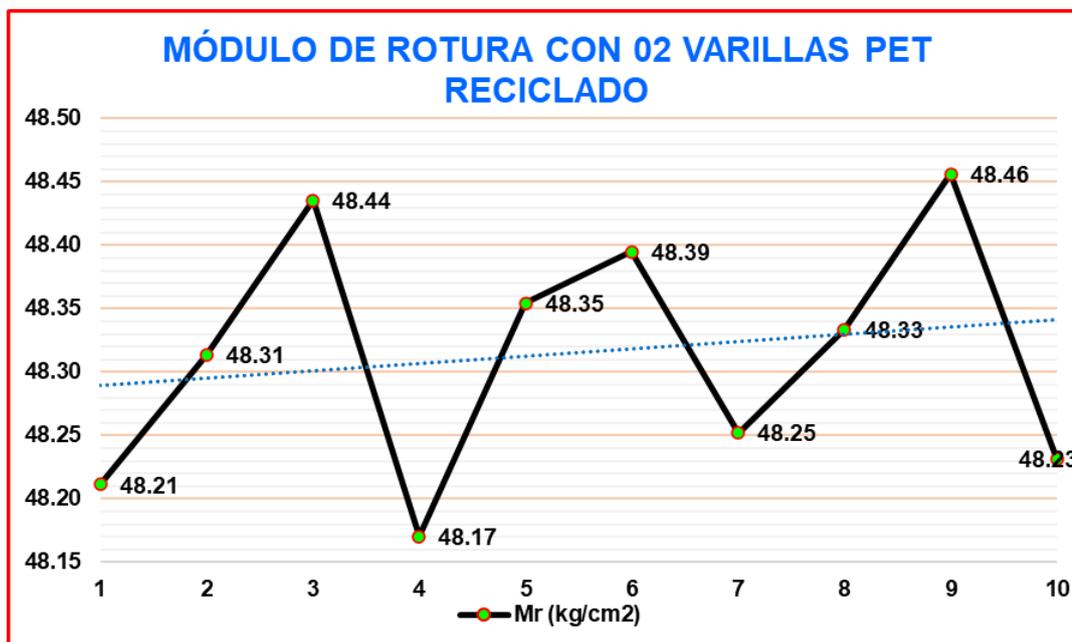
Módulo con 02 varillas de PET reciclado a 28 días		
N	Válido	10
	Perdidos	0
Media		48,315
Desviación estándar		,092

## Interpretación

La tabla muestra los valores del MR del grupo con 02 varillas de PET reciclado donde el valor de la media es 48.315 kg/cm<sup>2</sup>; y la desviación estándar de 0.092 kg/cm<sup>2</sup> que viene a ser la dispersión que tiene los valores de las muestras con respecto a la media viéndose que tan cercanas son a esta.

**Figura 7**

Valores del módulo de rotura con 02 varillas de PET a 28 días



Nota. Se muestra los valores obtenidos en laboratorio del MR.

**Tabla 8**

Módulo de rotura con 03 varillas de PET reciclado

MUESTRA	N° DE VARILLAS PET RECICLADO	EDAD	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
				(L) cm	(b) cm	(h) cm	
1	03	28	2609.41	45	15	15	52.19
2	03	28	2613.49	45	15	15	52.27
3	03	28	2620.63	45	15	15	52.41
4	03	28	2616.55	45	15	15	52.33
5	03	28	2619.61	45	15	15	52.39
6	03	28	2610.43	45	15	15	52.21
7	03	28	2612.47	45	15	15	52.25
8	03	28	2619.61	45	15	15	52.39
9	03	28	2611.45	45	15	15	52.23
10	03	28	2617.57	45	15	15	52.35

**Tabla 9**

*Valor de la media y desviación estándar*

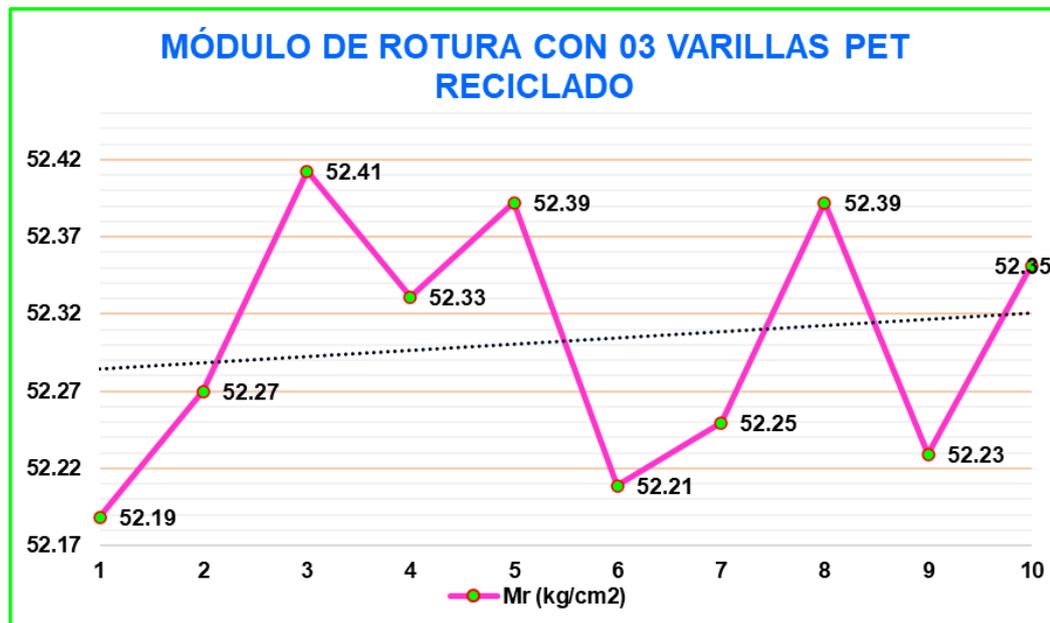
<b>Módulo con 03 varillas de PET reciclado a 28 días</b>		
<b>N</b>	Válido	10
	Perdidos	0
<b>Media</b>		52,302
<b>Desviación estándar</b>		,079

### Interpretación

La tabla muestra los valores del MR del grupo con 03 varillas de PET reciclado donde el valor de la media es 52.302 kg/cm<sup>2</sup>; y la desviación estándar de 0.079 kg/cm<sup>2</sup> que viene a ser la dispersión que tiene los valores de las muestras con respecto a la media viéndose que tan cercanas son a esta.

**Figura 8**

*Valores del módulo de rotura con 03 varillas de PET a 28 días*



*Nota.* Se muestra los valores obtenidos en laboratorio del MR.

**Tabla 10**

*Módulo de rotura con 04 varillas de PET reciclado*

MUESTRA	N° DE VARILLAS PET RECICLADO	EDAD	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
				(L) cm	(b) cm	(h) cm	
1	04	28	2474.81	45	15	15	49.50
2	04	28	2481.95	45	15	15	49.64

3	04	28	2476.85	45	15	15	49.54
4	04	28	2478.89	45	15	15	49.58
5	04	28	2473.79	45	15	15	49.48
6	04	28	2483.99	45	15	15	49.68
7	04	28	2475.83	45	15	15	49.52
8	04	28	2477.87	45	15	15	49.56
9	04	28	2471.75	45	15	15	49.44
10	04	28	2500.30	45	15	15	50.01

**Tabla 11**

*Valor de la media y desviación estándar*

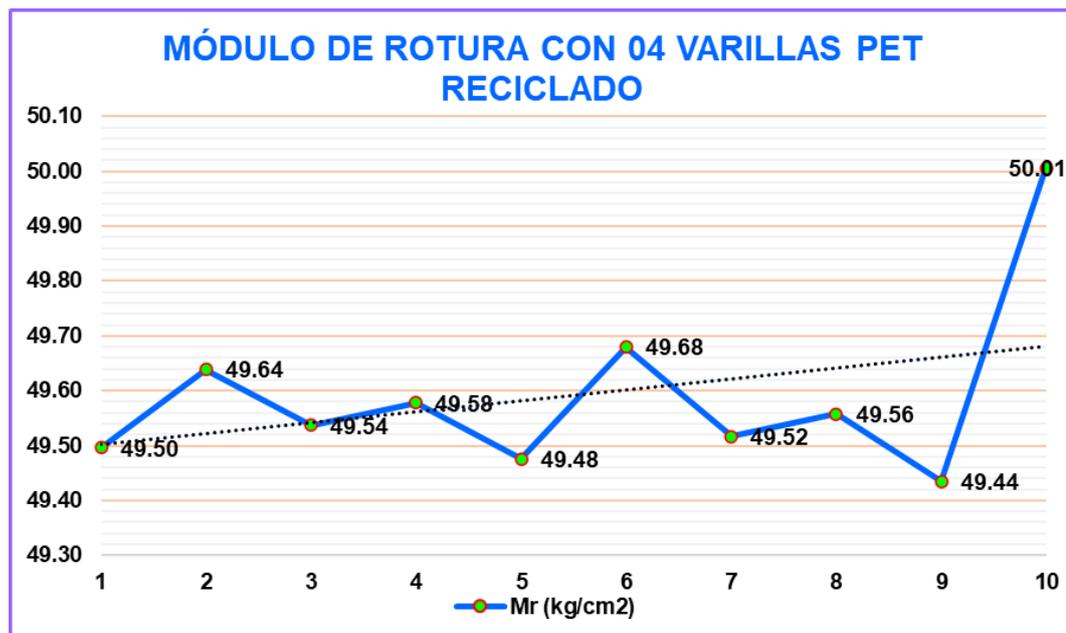
<b>Módulo con 04 varillas de PET reciclado a 28 días</b>	
<b>N</b>	<b>Válido</b> 10
	<b>Perdidos</b> 0
<b>Media</b>	49,592
<b>Desviación estándar</b>	,155

### Interpretación

La tabla muestra los valores del MR del grupo con 04 varillas de PET reciclado donde el valor de la media es 49.592 kg/cm<sup>2</sup>; y la desviación estándar de 0.155 kg/cm<sup>2</sup> que viene a ser la dispersión que tiene los valores de las muestras con respecto a la media viéndose que tan cercanas son a esta.

**Figura 9**

*Valores del módulo de rotura con 04 varillas de PET a 28 días*



*Nota.* Se muestra los valores obtenidos en laboratorio del MR.

## 4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

HG<sub>a</sub>: Existe mejora significativa del módulo de rotura de un pavimento rígido con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un F'c= 210 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Huánuco – 2024.

HG<sub>o</sub>: No existe mejora significativa del módulo de rotura de un pavimento rígido con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un F'c= 210 kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Huánuco – 2024.

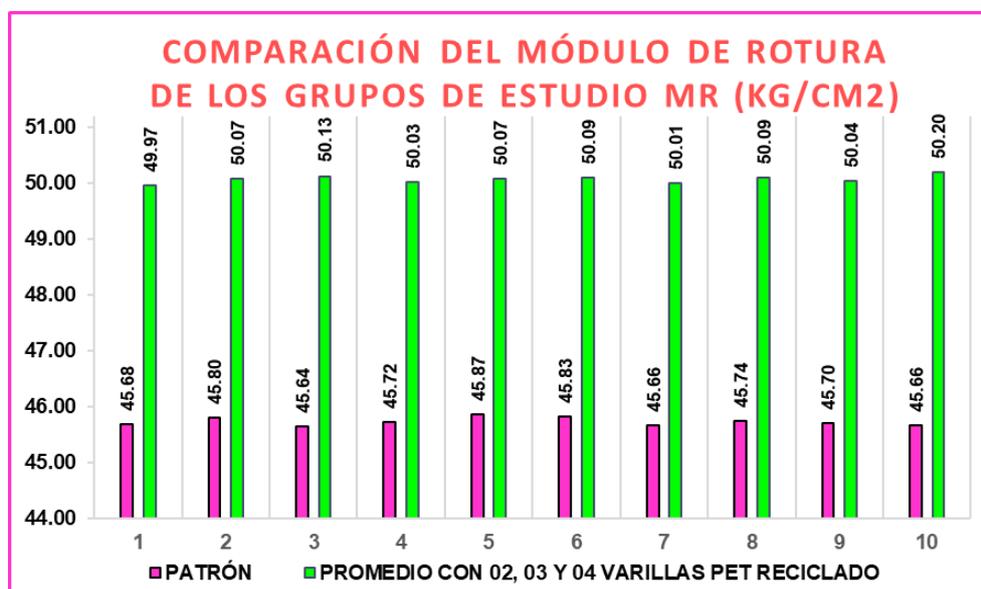
**Tabla 12**

*Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio*

MUESTRA	PATRÓN Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	PROMEDIO CON 02, 03 Y 04 VARILLAS DE PET RECICLADO Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
1	45.68	49.97
2	45.80	50.07
3	45.64	50.13
4	45.72	50.03
5	45.87	50.07
6	45.83	50.09
7	45.66	50.01
8	45.74	50.09
9	45.70	50.04
10	45.66	50.20

**Figura 10**

*Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio*



*Nota.* Se muestra los valores de los grupos de estudio.

**Tabla 13**

*Valores estadísticos de los grupos de estudio*

MÓDULO DE ROTURA DEL GRUPO PATRÓN Y CON EL PROMEDIO DE 02, 03 Y 04 VARILLAS DE PET RECICLADO		
Estadístico		
Grupo patrón	Media	45,732
	Desviación estándar	,073
	Mínimo	45,642
	Máximo	45,866
Promedio de 02, 03 y 04 varillas de PET reciclado	Media	50,070
	Desviación estándar	,062
	Mínimo	49,965
	Máximo	50,196

### Interpretación

Se muestra la confrontación de los resultados del módulo de rotura, donde el grupo patrón posee una media de sus resultados de 45.732 kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 0.073 kg/cm<sup>2</sup> que muestra que no existe mucha dispersión de datos, el valor mínimo y máximo obtenido en las pruebas de las diferentes muestras siendo estas 45.642 kg/cm<sup>2</sup> y 45.866 kg/cm<sup>2</sup>; en cambio el promedio del grupo de

02, 03 y 04 varillas de PET reciclado posee una media de sus resultados de 50.070 kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 0.062 kg/cm<sup>2</sup> que muestra que no existe mucha dispersión de datos, el valor mínimo y máximo obtenido en las pruebas de las diferentes muestras siendo estas 49.965 kg/cm<sup>2</sup> y 50.196 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 14**

*Normalidad de los grupos de estudio*

<b>PRUEBAS DE NORMALIDAD</b>			
	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
<b>Grupo patrón</b>	,856	10	,192
<b>Promedio de 02, 03 y 04 varillas de PET reciclado</b>	,881	10	,203

La prueba tomada fue la de Shapiro-Wilk, donde las muestras a evaluar son menores de 50, teniendo una distribución paramétrica de ( $p=0.192$ ) para el grupo patrón, y ( $p=0.203$ ) para el promedio de 02, 03 y 04 varillas de PET reciclado, cumpliendo con la condición de ( $p \geq 0.05$ ), demostrando que nuestros datos obtenidos siguen una distribución normal.

**Tabla 15**

*Prueba t aplicada a los grupos*

<b>PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS</b>					
	Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación			
<b>Grupo patrón - Promedio de 02, 03 y 04 varillas de PET reciclado</b>	-1,561	,327	-45,186	10	,002

La prueba t aplicado al grupo patrón y el promedio de 02, 03 y 04 varillas de PET reciclado demuestran que sí hay variación y significancia entre ambos con respecto a sus medias ( $t=-45.186$ ,  $p=0.002<0.05$ ). Tomando así la hipótesis alterna, demostrando que hay una mejora significativa del módulo de rotura con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $F'c= 210$   $\text{kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

#### 4.2.2. HIPÓTESIS ESPECIFICA 1

$HE_a$ : El módulo de rotura de un pavimento rígido con 02 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba será superior en un 2% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210$   $\text{kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

$HE_0$ : El módulo de rotura de un pavimento rígido con 02 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba no será superior en un 2% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210$   $\text{kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

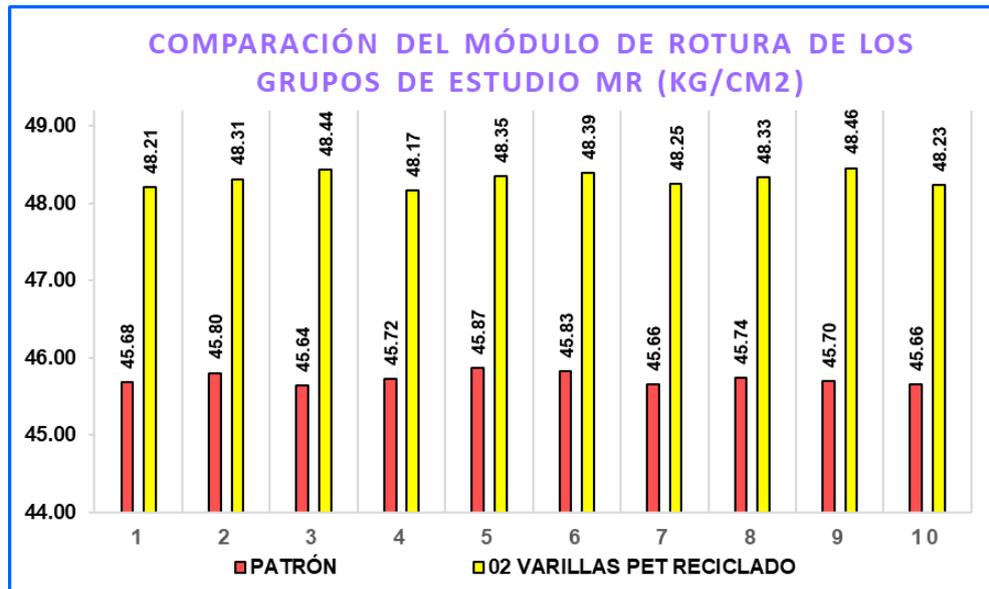
**Tabla 16**

*Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio*

MUESTRA	PATRÓN Mr ( $\text{kg/cm}^2$ )	02 VARILLAS PET RECICLADO Mr ( $\text{kg/cm}^2$ )
1	45.68	48.21
2	45.80	48.31
3	45.64	48.44
4	45.72	48.17
5	45.87	48.35
6	45.83	48.39
7	45.66	48.25
8	45.74	48.33
9	45.70	48.46
10	45.66	48.23

**Figura 11**

*Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio*



*Nota.* Se muestra los valores de los grupos de estudio.

**Tabla 17**

*Valores estadísticos de los grupos de estudio*

MÓDULO DE ROTURA DEL GRUPO PATRÓN Y CON 02 VARILLAS DE PET RECICLADO		
	Estadístico	
Grupo patrón	Media	45,732
	Desviación estándar	,073
	Mínimo	45,642
	Máximo	45,866
Grupo con 02 varillas de PET reciclado	Media	48,315
	Desviación estándar	,092
	Mínimo	48,171
	Máximo	48,456

### Interpretación

Se muestra la confrontación de los resultados del módulo de rotura, donde el grupo patrón posee una media de sus resultados de 45.732 kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 0.073 kg/cm<sup>2</sup> que muestra que no existe mucha dispersión de datos, el valor mínimo y máximo obtenido en las pruebas de las diferentes muestras siendo estas 45.642 kg/cm<sup>2</sup> y 45.866 kg/cm<sup>2</sup>; en cambio el grupo de 02 varillas de PET reciclado posee una media de sus resultados de 48.315 kg/cm<sup>2</sup>,

una desviación estándar de 0.092 kg/cm<sup>2</sup> que muestra que no existe mucha dispersión de datos, el valor mínimo y máximo obtenido en las pruebas de las diferentes muestras siendo estas 48.171 kg/cm<sup>2</sup> y 48.456 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 18**

*Normalidad de los grupos de estudio*

<b>PRUEBAS DE NORMALIDAD</b>			
	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
<b>Grupo patrón</b>	,856	10	,192
<b>Grupo de 02 varillas de PET reciclado</b>	,892	10	,198

La prueba tomada fue la de Shapiro-Wilk, donde las muestras a evaluar son menores de 50, teniendo una distribución paramétrica de ( $p=0.192$ ) para el grupo patrón, y ( $p=0.198$ ) para el grupo con 02 varillas de PET reciclado, cumpliendo con la condición de ( $p \geq 0.05$ ), demostrando que nuestros datos obtenidos siguen una distribución normal.

**Tabla 19**

*Prueba t aplicada a los grupos*

<b>PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS</b>					
	Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación			
	<b>Grupo patrón – Grupo de 02 varillas de PET reciclado</b>	-1,536			

La prueba t aplicado al grupo patrón y el grupo con 02 varillas de PET reciclado demuestran que sí hay variación y significancia entre ambos con respecto a sus medias ( $t=-43.143$ ,  $p=0.002<0.05$ ). Tomando así la hipótesis alterna donde el módulo de rotura con 02 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba fue superior en un 2% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

#### 4.2.3. HIPÓTESIS ESPECIFICA 2

$HE_a$ : El módulo de rotura de un pavimento rígido con 03 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba será superior en un 5% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

$HE_o$ : El módulo de rotura de un pavimento rígido con 03 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba no será superior en un 5% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

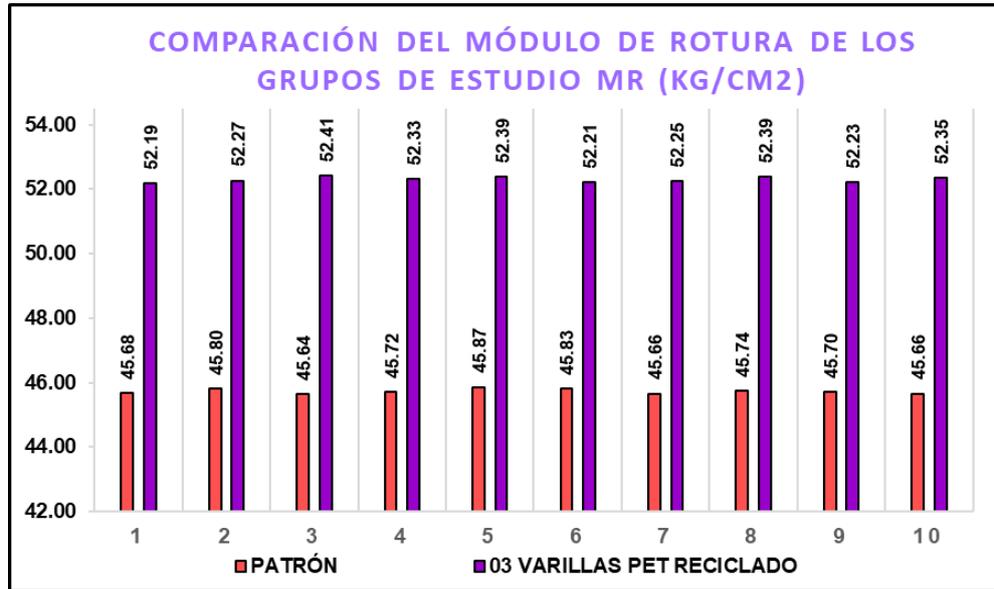
**Tabla 20**

*Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio*

MUESTRA	PATRÓN Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	03 VARILLAS PET RECICLADO Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
1	45.68	52.19
2	45.80	52.27
3	45.64	52.41
4	45.72	52.33
5	45.87	52.39
6	45.83	52.21
7	45.66	52.25
8	45.74	52.39
9	45.70	52.23
10	45.66	52.35

**Figura 12**

*Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio*



*Nota.* Se muestra los valores de los grupos de estudio.

**Tabla 21**

*Valores estadísticos de los grupos de estudio*

MÓDULO DE ROTURA DEL GRUPO PATRÓN Y CON 03 VARILLAS DE PET RECICLADO		
Estadístico		
Grupo patrón	Media	45,732
	Desviación estándar	,073
	Mínimo	45,642
	Máximo	45,866
Grupo con 03 varillas de PET reciclado	Media	52,302
	Desviación estándar	,079
	Mínimo	52,188
	Máximo	52,413

### Interpretación

Se muestra la confrontación de los resultados del módulo de rotura, donde el grupo patrón posee una media de sus resultados de 45.732 kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 0.073 kg/cm<sup>2</sup> que muestra que no existe mucha dispersión de datos, el valor mínimo y máximo obtenido en las pruebas de las diferentes muestras siendo estas 45.642 kg/cm<sup>2</sup> y 45.866 kg/cm<sup>2</sup>; en cambio el grupo de 03 varillas de PET reciclado posee una media de sus resultados de 52.302 kg/cm<sup>2</sup>,

una desviación estándar de 0.079 kg/cm<sup>2</sup> que muestra que no existe mucha dispersión de datos, el valor mínimo y máximo obtenido en las pruebas de las diferentes muestras siendo estas 52.188 kg/cm<sup>2</sup> y 52.413 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 22**

*Normalidad de los grupos de estudio*

<b>PRUEBAS DE NORMALIDAD</b>			
	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
<b>Grupo patrón</b>	,856	10	,192
<b>Grupo de 03 varillas de PET reciclado</b>	,921	10	,236

La prueba tomada fue la de Shapiro-Wilk, donde las muestras a evaluar son menores de 50, teniendo una distribución paramétrica de ( $p=0.192$ ) para el grupo patrón, y ( $p=0.236$ ) para el grupo con 03 varillas de PET reciclado, cumpliendo con la condición de ( $p \geq 0.05$ ), demostrando que nuestros datos obtenidos siguen una distribución normal.

**Tabla 23**

*Prueba t aplicada a los grupos*

<b>PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS</b>					
	Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación			
	<b>Grupo patrón – Grupo de 03 varillas de PET reciclado</b>	-1,337			

La prueba t aplicado al grupo patrón y el grupo con 03 varillas de PET reciclado demuestran que sí hay variación y significancia entre ambos con respecto a sus medias ( $t=-48.261$ ,  $p=0.001<0.05$ ). Tomando así la hipótesis alterna donde el módulo de rotura con 03 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba fue superior en un 5% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

#### 4.2.4. HIPÓTESIS ESPECIFICA 3

$HE_a$ : El módulo de rotura de un pavimento rígido con 04 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba será superior en un 7% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

$HE_0$ : El módulo de rotura de un pavimento rígido con 04 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba no será superior en un 7% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

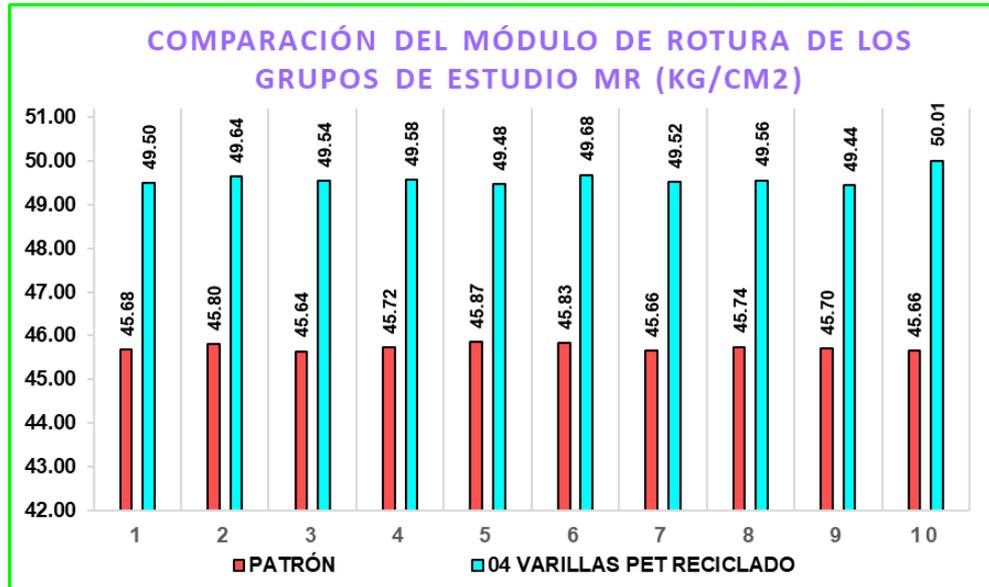
**Tabla 24**

*Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio*

MUESTRA	PATRÓN Mr (kg/cm <sup>2</sup> )	04 VARILLAS PET RECICLADO Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
1	45.68	49.50
2	45.80	49.64
3	45.64	49.54
4	45.72	49.58
5	45.87	49.48
6	45.83	49.68
7	45.66	49.52
8	45.74	49.56
9	45.70	49.44
10	45.66	50.01

**Figura 13**

*Comparativa del módulo de rotura de los grupos de estudio*



*Nota.* Se muestra los valores de los grupos de estudio.

**Tabla 25**

*Valores estadísticos de los grupos de estudio*

MÓDULO DE ROTURA DEL GRUPO PATRÓN Y CON 04 VARILLAS DE PET RECICLADO		
Estadístico		
Grupo patrón	Media	45,732
	Desviación estándar	,073
	Mínimo	45,642
	Máximo	45,866
Grupo con 04 varillas de PET reciclado	Media	49,592
	Desviación estándar	,155
	Mínimo	49,435
	Máximo	50,006

### Interpretación

Se muestra la confrontación del módulo de rotura, donde el grupo patrón posee una media de sus resultados de 45.732 kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de 0.073 kg/cm<sup>2</sup> que muestra que no existe mucha dispersión de datos, el valor mínimo y máximo obtenido en las pruebas de las diferentes muestras siendo estas 45.642 kg/cm<sup>2</sup> y 45.866 kg/cm<sup>2</sup>; en cambio el grupo de 04 varillas de PET reciclado posee una media de sus resultados de 49.592 kg/cm<sup>2</sup>, una desviación estándar de

0.155 kg/cm<sup>2</sup> que muestra que no existe mucha dispersión de datos, el valor mínimo y máximo obtenido en las pruebas de las diferentes muestras siendo estas 49.435 kg/cm<sup>2</sup> y 50.006 kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 26**

*Normalidad de los grupos de estudio*

<b>PRUEBAS DE NORMALIDAD</b>			
	<b>Shapiro-Wilk</b>		
	<b>Estadístico</b>	<b>gl</b>	<b>Sig.</b>
<b>Grupo patrón</b>	,856	10	,192
<b>Grupo de 04 varillas de PET reciclado</b>	,912	10	,209

La prueba tomada fue la de Shapiro-Wilk, donde las muestras a evaluar son menores de 50, teniendo una distribución paramétrica de ( $p=0.192$ ) para el grupo patrón, y ( $p=0.209$ ) para el grupo con 04 varillas de PET reciclado, cumpliendo con la condición de ( $p \geq 0.05$ ), demostrando que nuestros datos obtenidos siguen una distribución normal.

**Tabla 27**

*Prueba t aplicada a los grupos*

<b>PRUEBA DE MUESTRAS EMPAREJADAS</b>					
	Diferencias emparejadas		t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación			
	<b>Grupo patrón – Grupo de 04 varillas de PET reciclado</b>	-1,286	,214	-47,362	10

La prueba t aplicado al grupo patrón y el grupo con 04 varillas de PET reciclado demuestran que sí hay variación y significancia entre

ambos con respecto a sus medias ( $t=-47.362$ ,  $p=0.001<0.05$ ). Tomando así la hipótesis alterna donde el módulo de rotura con 04 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba fue superior en un 7% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco – 2024.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Finalizando los ensayos en laboratorio y después de procesarlos adecuadamente, los resultados obtenidos del módulo de rotura fueron para el grupo patrón un promedio de 45.732 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio del grupo de 02, 03 y 04 varillas de PET reciclado fue de 50.070 kg/cm<sup>2</sup>, donde nuestros resultados concuerdan con Medina (2020) donde sus resultados tuvieron un incremento del 49.81% llegando a valores entre 34.69 kg/cm<sup>2</sup> a 51.97 kg/cm<sup>2</sup> demostrando que hay mejora cuando se hace el uso de tiras de plástico; de la misma manera se concuerda con Hernández (2021) que evaluó el MR del concreto con adición de PET y polipropileno donde después de realizar los ensayos los resultados tuvieron un comportamiento más congruente respecto a lo esperado siendo superior al grupo patrón.

Finalizando los ensayos en laboratorio y después de procesarlos adecuadamente, los resultados obtenidos del módulo de rotura fueron para el grupo patrón un promedio de 45.732 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el grupo con 02 varillas de PET reciclado tuvo como promedió 50.070 kg/cm<sup>2</sup>, donde nuestros resultados concuerdan con Flores (2020) donde plantea un concreto reforzado con fibras PET y piedra ½ in, los resultados que obtiene mejoran positivamente especialmente cuando la fibra es de longitud de 5mm x 50mm; de la misma manera se discrepa con Castro (2021) que al evaluar el concreto con adición de plástico reciclado (PET) como sustituto del agregado fino, se evidenció que tuvo una disminución con los resultados, no obteniendo resultados positivos durante los ensayos.

Finalizando los ensayos en laboratorio y después de procesarlos adecuadamente, los resultados obtenidos del módulo de rotura fueron para el grupo patrón un promedio de 45.732 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el grupo con 03 varillas de PET reciclado tuvo como promedió 52.302 kg/cm<sup>2</sup>, donde nuestros resultados concuerdan con Pablo (2018) que al adicionar fibras de polietileno en el concreto hidráulico para un diseño de pavimento y

planteando muestras que cumpla con las normas ASTM, MTC, NTP, demostrando que reciclando botellas de plástico y añadiendo en la mezcla de concreto el módulo de rotura del concreto ( $M_r$ ) mejora significativamente siendo una opción viable para el diseño de pavimentos; de la misma manera se concuerda con Leandro & Huamán (2021) que al añadir fibras reusadas de polietileno en la elaboración de pisos industriales obtuvo como resultados La que las capas con menor espesor mostraron esfuerzos más especialmente cuando el espesor de 25 cm.

Finalizando los ensayos en laboratorio y después de procesarlos adecuadamente, los resultados obtenidos del módulo de rotura fueron para el grupo patrón un promedio de  $45.732 \text{ kg/cm}^2$ , mientras que el grupo con 04 varillas de PET reciclado tuvo como promedió  $49.592 \text{ kg/cm}^2$ , donde nuestros resultados concuerda con Blancas (2020) donde analiza el concreto hidráulico para pavimentos rígidos mediante el aumento de fibras de Tereftalato de Polietileno (PET) y adiciones minerales como la Ceniza de Bagazo de Caña (CBC). Donde sus resultados con respecto al módulo de rotura de las muestras prismáticos demuestran que son mayores con respecto al grupo patrón.

## CONCLUSIONES

En relación al objetivo general se logró determinar los resultados del módulo de rotura fueron para el grupo patrón un promedio de 45.732 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el promedio del grupo de 02, 03 y 04 varillas de PET reciclado fue de 50.070 kg/cm<sup>2</sup>, donde, concluyendo así que existe una mejora significativa del módulo de rotura con varillas de PET reusados y agregados de la cantera de Andabamba, ya que al añadir las varillas de PET brindan mejores resultados al ensayo y pudiéndose considerar para el diseño de pavimentos rígidos.

En relación al objetivo específico 1, se determinó del módulo de rotura fueron para el grupo patrón un promedio de 45.732 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el grupo con 02 varillas de PET reciclado tuvo como promedió 50.070 kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo así que el módulo de rotura con 02 varillas de PET reusados y agregados de la cantera de Andabamba fue superior en un 2% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional, ya que las varillas de PET reciclado brinda un mejor comportamiento cuando se le añade al concreto.

En relación al objetivo específico 2, se determinó del módulo de rotura fueron para el grupo patrón un promedio de 45.732 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el grupo con 03 varillas de PET reciclado tuvo como promedió 52.302 kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo así que el módulo de rotura con 03 varillas de PET reusados y agregados de la cantera de Andabamba fue superior en un 5% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional, demostrando así que el mejor comportamiento fue cuando se usó esta cantidad de varillas por lo que sería ideal para la consideración de proyectos viales.

En relación al objetivo específico 3, se determinó del módulo de rotura fueron para el grupo patrón un promedio de 45.732 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que el grupo con 04 varillas de PET reciclado tuvo como promedió 49.592 kg/cm<sup>2</sup>, concluyendo así que el módulo de rotura con 04 varillas de PET reusados y agregados de la cantera de Andabamba fue superior en un 7% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional.

## RECOMENDACIONES

Dado que el uso de varillas de PET mejora el módulo de rotura del concreto, se recomienda adoptar esta técnica en proyectos donde se priorice la resistencia estructural. Además, se promueve la sostenibilidad mediante el uso de materiales reciclados, reduciendo residuos plásticos y promoviendo la economía circular.

Para maximizar los beneficios de las varillas de PET en el concreto, es crucial establecer guías técnicas sobre su dosificación y aplicación óptima. Estas guías deberían abordar la cantidad de PET adecuada, así como recomendaciones para su mezcla homogénea con el concreto.

Es recomendable crear criterios de calidad para el PET reciclado utilizado, evaluando su pureza, propiedades físicas y químicas. Esto asegura que el material cumpla con los estándares de durabilidad y resistencia requeridos para el pavimento.

Los ensayos de resistencia, granulometría y absorción de los agregados son esenciales para garantizar una mezcla de concreto de alta calidad. Es importante realizar estos ensayos previamente para asegurar que los agregados sean adecuados para la elaboración final del pavimento.

Se recomienda realizar exámenes de durabilidad y comportamiento del concreto con PET bajo condiciones ambientales adversas, como ciclos de congelación y deshielo, para garantizar que el material sea adecuado en diversas condiciones.

Al demostrar las mejoras en resistencia con el uso de PET, es útil realizar estudios económicos comparativos entre el concreto tradicional y el modificado con PET, evaluando costos iniciales y beneficios a largo plazo, como la durabilidad y el impacto ambiental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfonso Ferreira, D., & Torres López, K. (2014). Caracterización física de agregados petreos para concretos caso: Vista Hermosa (Mosquera) y Mina Cemex (Apulo).
- Arteaga Villamarín, J. (2018). *Análisis del comportamiento de la base – cemento para pavimentos con adición de residuos PET reciclado. [Tesis de bachiller, Universidad Católica de Colombia]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10983/16406>
- Blancas Herrera, V. (2020). *Evaluación de mezclas de concreto modificadas con PET reciclado y adición mineral; su influencia en el módulo de ruptura y la durabilidad de pavimentos rígidos. [Tesis de grado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/3155](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3155)
- Calvillo Cerda, U. (2011). *Sistematización cualitativa de las relaciones estructura, propiedades y condiciones de procesamiento en materiales poliméricos. [Tesis de grado, Centro de Investigación en Química Aplicada]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/440/1/Ubaldo%20Mateo%20Calvillo%20Cerde.pdf>
- Cardona, D., Lavernia, C., & Alcerro, J. (2010). Polietileno.
- Castillo Torres, P. (2018). *Instructivo de la producción, colocación y manejo del concreto elaborado en obra. [Instructivo, Universidad Distrital Fransisco José de Caldas]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/14212/CastilloTorresPaulalsabel201;jsessionid=6FDAB8E72C27D216B4B4C81C1201F4A6?sequence=2>
- Castro Mantilla, J. C. (2021). *Determinación y evaluación del comportamiento mecánico del concreto mediante adición de plástico reciclado (PET) en la construcción de edificaciones para la ciudad de Abancay. [Tesis de bachiller, Universidad Continental]*. Repositorio Institucional. Obtenido de

file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/IV\_FIN\_105\_TE\_Castro\_Mantilla\_2021.pdf

- Cayllaua Incarroca, B. (2014). *Láminas de Teleftalato de polietileno PET reciclado [Tesis de bachiller]*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2895>
- Cuervo Cuervo, S. (2018). *Pavimentos. Análisis de la influencia de su selección al hacer ciudad. [Trabajo de fin de grado, Universidad Politécnica de Madrid]*. Repositorio Institucional. Obtenido de [https://oa.upm.es/50279/1/TFG\\_Cuervo\\_Cuervo\\_Sonia.pdf](https://oa.upm.es/50279/1/TFG_Cuervo_Cuervo_Sonia.pdf)
- Flores Campos, E. (2020). *Determinar la resistencia a la flexión que alcanza el concreto reforzado con fibras de plástico pet reciclado en los pavimentos rígidos en la ciudad de Huánuco- 2019. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.13080/6070>
- Fonseca López, J., & Díaz Bello, S. (2020). *Aspecto químicos y termodinámicos del cemento y el concreto*. Usta.
- Hernández Ferreira, F. (2021). *Evaluación del Módulo de ruptura del concreto con adición de PET y polipropileno. [Tesis profesional]*. Repositorio Institucional. Obtenido de [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB\\_UMICH/7813/1/FIC-L-2021-1365.pdf](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/jspui/bitstream/DGB_UMICH/7813/1/FIC-L-2021-1365.pdf)
- Jaimes Chinome, A. (2020). *Guía para el diseño de pavimentos rígidos en vías urbanas con aplicación en municipios con poblaciones menores a 50 000 habitantes. [Tesis de bachiller, Universidad Santo Tomás Seccional Tunja]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/30448>
- Leandro Perez, B., & Huamán Paucar, H. (2021). *Fibras recicladas de polietileno en el diseño de pisos industriales para mejorar la resistencia a cargas estáticas y dinámicas. [Tesis de bachiller, Universidad César Vallejo]*. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/68695>

- Martínez Patlán, A. G. (2007). *Técnicas de Caracterización Fisiológicas en el reciclado del Polietileno tereftalato*. [Tesis de grado, Centro de Investigación en Química Aplicada] . Repositorio Institucional. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/347/1/Alma%20Guadalupe%20Martinez%20Patlan.pdf>
- Medina Torres, D. (2020). *Influencia de diferentes porcentajes de tiras de plástico en la permeabilidad, resistencia a la compresión y flexión del concreto y su aplicación como pavimento rígido, Trujillo 2019*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/23973>
- Morales Olivares, J. (2005). *Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo*. [Tesis de bachiller] Universidad de Piura. Repositorio institucional. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11042/1343>
- Muñoz Rocha, C. I. (2015). *Metodología de la investigación*. OXFORD.
- NTP 339.079. (2012). *CONCRETO. Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas en el centro del tramo*. INDECOPI. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/372901345/NTP-339-079-2012-pdf#>
- NTP 339.088. (2019). *CONCRETO. Agua de mezcla utilizada en la producción de concreto de cemento Portland*. INACAL. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/445076889/NTP-339-088-aguas>
- Pablo Luis, J. (2018). *Evaluación de la influencia de las fibras de polietileno en el diseño, construcción y durabilidad de pavimento de concreto en la ciudad de Cerro de Pasco- 2017*. [Tesis de bachiller, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] . Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/1047>
- Quiroga Briñez, C. (2021). *El acero en la Ingeniería Civil, usos ventajas y limitaciones: Revisión literaria*. [Tesis de maestría, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/5af1fe47-95a5-4acf-8c4b-ac5dfc0843ae/content>

Rivas Alvarez, A. (2012). *Estudio de la factibilidad técnica de las rutas de polimerización de copolímeros anfifílicos di-y-tribloque y su aplicación en la obtención de metamateriales. [Tesis de grado, Centro de investigación en química aplicada].* Repositorio Institucional. Obtenido de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/346/1/Alexandra%20Rivas%20Alvarez.pdf>

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Pérez Nolberto, S. A. (2025). *Mejora del módulo de rotura de un pavimento rígido con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un  $f'c=210\text{kg/cm}^2$  en la ciudad de Huánuco-2024.* [Tesis de Pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio *Institucional UDH*. <https://...>

## **ANEXOS**

# ANEXO 1

## LUGAR DE EXTRACCIÓN DE LOS AGREGADOS



## ANEXO 2

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO: MEJORA DEL MÓDULO DE ROTURA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO CON VARILLAS DE PET RECICLADO Y AGREGADOS DE LA CANTERA DE ANDABAMBA PARA UN F'C= 210 KG/CM<sup>2</sup> EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2024**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	NORMATIVAS	UNIDAD	METODOLOGÍA
<b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿De qué manera mejorará el módulo de rotura de un pavimento rígido con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un f'c=210kg/cm <sup>2</sup> en la ciudad de Huánuco – 2024?	<b>OBJETIVO GENERAL:</b> Determinar el módulo de rotura de un pavimento con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un f'c=210kg/cm <sup>2</sup> en la ciudad de Huánuco – 2024.	<b>HIPÓTESIS GENERAL:</b> Existe mejora significativa del módulo de rotura de un pavimento rígido con varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un f'c=210kg/cm <sup>2</sup> en la ciudad de Huánuco – 2024.	<b>Variable independiente:</b> Varillas de PET reciclado.	Propiedades físicas y químicas	Composición del vidrio Color y textura Morfología	Fichas técnicas del PET	mm %	<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b>  <b>ENFOQUE:</b> Cuantitativo  <b>ALCANCE:</b> Aplicativo
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b> ¿Cuál será el módulo de rotura de un pavimento rígido con 02 varillas	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> Determinar el módulo de rotura de un pavimento rígido con 02	<b>HIPÓTESIS ESPECÍFICA:</b> H01: El módulo de rotura de un pavimento rígido con 02 varillas de PET reciclado y	<b>Variable dependiente:</b> Módulo de rotura del pavimento rígido con agregados	Agregados de la cantera de Andabamba	Selección de materiales (Ensayo de granulometría, peso específico y desgaste de los ángulos) Diseño de mezcla	(NTP 400.037) (NTP 339.088) (NTP 339.035)	% Kg m <sup>3</sup>	<b>DISEÑO:</b> Cuasi experimental  <b>POBLACION:</b> Está representada por 40 muestras.
				Módulo de	Ensayo para el módulo de rotura del pavimento rígido para un f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> con 02,	(NTP 339.079) (NTP 339.059)	kg/cm <sup>2</sup> .	

de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Huánuco – 2024? ¿Cuál será el módulo de rotura de un pavimento rígido con 03 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Huánuco – 2024? ¿Cuál será el módulo de rotura de un pavimento rígido con 04 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de	varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Huánuco – 2024. Determinar el módulo de rotura de un pavimento rígido con 03 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Huánuco – 2024. Determinar el módulo de rotura de un pavimento rígido con 04 varillas de PET reciclado y agregados de	agregados de la cantera de Andabamba será superior en un 2% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Huánuco – 2024. H02: El módulo de rotura de un pavimento rígido con 03 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba será superior en un 5% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de	de la cantera de Andabamba	rotura del pavimento rígido	03, 04 varillas de PET.	<b>MUESTRA:</b> Se tomará 10 especímenes entre grupo patrón y experimental.
---	--	---	----------------------------	-----------------------------	-------------------------	--

---

Andabamba para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Huánuco 2024?	la cantera de Andabamba para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Huánuco 2024.	Huánuco – 2024. H03: El módulo de rotura de un pavimento rígido con 04 varillas de PET reciclado y agregados de la cantera de Andabamba será superior en un 7% con respecto al módulo de rotura de un pavimento rígido convencional para un $f'c=210\text{kg/cm}^2$ en la ciudad de Huánuco – 2024.
---	---	--

---

## ANEXO 3

### INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



#### CONTENIDO DE HUMEDAD

<b>ENSAYO</b>	CONTENIDO DE HUMEDAD		
<b>NORMA</b>	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127		
<b>CANTERA</b>	ANDABAMBA	<b>FECHA DE MUESTREO</b>	13/09/2024
<b>UBICACIÓN</b>	HUANUCO	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	13/09/2024

#### AGREGADO FINO

ID	Descripción	Ensayo N°		
		1	2	3
A	Peso Tara (g)			
B	Peso Tara más muestra Húmeda (g)			
C	Peso Tara más muestra Seca (g)			
D	Peso muestra Húmeda - <b>Ph</b> (g), D = B - A			
E	Peso muestra Seca - <b>Ps</b> (g), E = C - A			
F	Peso del Agua (g), F = B - C			
G	Contenido de Humedad (W%) = $\frac{Ph - Ps}{Ps} \cdot 100$			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (W%)</b>				

#### AGREGADO GRUESO

ID	Descripción	Ensayo N°		
		1	2	3
A	Peso Tara (g)			
B	Peso Tara más muestra Húmeda (g)			
C	Peso Tara más muestra Seca (g)			
D	Peso muestra Húmeda - <b>Ph</b> (g), D = B - A			
E	Peso muestra Seca - <b>Ps</b> (g), E = C - A			
F	Peso del Agua (g), F = B - C			
G	Contenido de Humedad (W%) = $\frac{Ph - Ps}{Ps} \cdot 100$			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (W%)</b>				

**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Ing. Juanito Falcon Pardave**  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654



### GRANULOMETRÍA

<b>ENSAYO</b>	GRANULOMETRÍA		
<b>NORMA</b>	MTC E204 / ASTM C136 / NTP 400.012		
<b>CANTERA</b>	ANDABAMBA	<b>FECHA DE MUESTREO</b>	13/09/2024
<b>UBICACIÓN</b>	HUANUCO	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	13/09/2024

AGREGADO GRUESO		PESO MUESTRA SECA, W <sub>s</sub> (gr)			5,000.00 gr	
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	
(pulg)	(mm)	(gr)	(%)	(%)	GRAVA	ESPECIFICACIÓN
1 1/2"	37.50					
1"	25.00					
3/4"	19.00					
1/2"	12.50					
3/8"	9.50					
N° 4	4.75					
N° 8	2.36					
N° 16	1.18					
N° 30	0.60					
<b>FONDO</b>						
		0.00	0.00			

Error:

<b>Módulo de Finura Agregado Grueso</b>	<b>2.00</b>
$M.F. = \frac{\%ret. Acum\ malla(N^{\circ}1\ 1/2" + N^{\circ}3/4" + N^{\circ}3/8" + N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$	

<b>Tamaño Máximo Nominal Agregado Grueso</b>
<i>"Está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15% acumulado, o más del agregado grueso tamizado"</i>

**MONTAÑA**  
AQUINO GARCIA KEVIN JOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO						
AGREGADO FINO		Tamaño Máximo Nominal (TMN)	< 1/2"		Volumen Molde	0.01000 m <sup>3</sup>
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADOS
A	Peso del Molde + AF Compactado	kg				
B	Peso del Molde	kg				
C	Peso del AF Compactado, C = A - B	kg				
D	<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b> D = C / Vol. Molde	kg/m <sup>3</sup>				
E	Peso del Molde + AF Suelto	kg				
F	Peso del AF Suelto, F = E - B	kg				
G	<b>PESO UNITARIO SUELTO</b> G = F / Vol. Molde	kg/m <sup>3</sup>				

Diámetro del Cilindro Metálico	23.00 cm
Altura del Cilindro Metálico	24.08 cm

PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO						
AGREGADO GRUESO		Tamaño Máximo Nominal (TMN)	3/4"		Volumen Molde	0.01000 m <sup>3</sup>
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso del Molde + AG Compactado	kg				
B	Peso del Molde	kg				
C	Peso del AG Compactado, C = A - B	kg				
D	<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b> D = C / Vol. Molde	kg/m <sup>3</sup>				
E	Peso del Molde + AG Suelto	kg				
F	Peso del AG Suelto, F = E - B	kg				
G	<b>PESO UNITARIO SUELTO</b> G = F / Vol. Molde	kg/m <sup>3</sup>				

### ABRASIÓN AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS

ENSAYO	ABRASIÓN AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS		
NORMA	MTC E207 / ASTM C131 / NTP 400.019		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	

ABRASIÓN AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS						
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADOS
A	Peso muestra total	gr				
B	Peso retenido en tamiz N° 12	gr				
C	<b>DESGASTE A LA ABRASIÓN LOS ÁNGELES</b> C = [(A - B) / A] * 100	%				



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO
NORMA:	NTP- 339.079 - 2012
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DEL MÓDULO DE ROTURA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO CON VARILLAS DE PET RECICLADO Y AGREGADOS DE LA CANTERA DE ANDABAMBA PARA UN F'c=210KG/CM2 EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO"
SOLICITA:	BACH. PÉREZ NOLBERTO, SHERLY ANDREA
FECHA:	OCTUBRE - 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	N° DE VARILLAS PET RECICLADO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD MORTERO	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm2)
							(L) cm	(b) cm	(h) cm	
M-1										
M-2										
M-3										
M-4										
M-5										
M-6										
M-7										
M-8										
M-9										
M-10										

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

En donde:

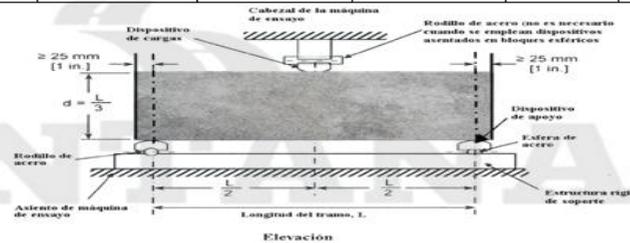
Mr: Es el módulo de rotura, en kg/cm<sup>2</sup>

P: Es la carga máxima de rotura en kg

L : Es la luz libre entre apoyos, cm.

b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm

h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm



PROMEDIO



AQUINO GARCIA KEVIN JOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654

# ANEXO 4

## RESULTADOS DE LABORATORIO



### CONTENIDO DE HUMEDAD

ENSAYO	CONTENIDO DE HUMEDAD		
NORMA	MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	13/09/2024
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	13/09/2024

### AGREGADO FINO

ID	Descripción	Ensayo N°		
		1	2	3
A	Peso Tara (g)	28.10	28.13	28.10
B	Peso Tara más muestra Húmeda (g)	318.10	310.60	315.40
C	Peso Tara más muestra Seca (g)	314.20	307.10	311.30
D	Peso muestra Húmeda - <b>Ph</b> (g), D = B - A	290.00	282.47	287.30
E	Peso muestra Seca - <b>Ps</b> (g), E = C - A	286.10	278.97	283.20
F	Peso del Agua (g), F = B - C	3.90	3.50	4.10
G	Contenido de Humedad (W%) = $\frac{Ph - Ps}{Ps} \cdot 100$	1.36%	1.25%	1.45%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (W%)		1.36%		

### AGREGADO GRUESO

ID	Descripción	Ensayo N°		
		1	2	3
A	Peso Tara (g)	29.31	29.28	29.34
B	Peso Tara más muestra Húmeda (g)	231.90	235.60	233.60
C	Peso Tara más muestra Seca (g)	230.53	234.35	232.21
D	Peso muestra Húmeda - <b>Ph</b> (g), D = B - A	202.59	206.32	204.26
E	Peso muestra Seca - <b>Ps</b> (g), E = C - A	201.22	205.07	202.87
F	Peso del Agua (g), F = B - C	1.37	1.25	1.39
G	Contenido de Humedad (W%) = $\frac{Ph - Ps}{Ps} \cdot 100$	0.68%	0.61%	0.69%
CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO (W%)		0.66%		



  
 Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP. N° 218968

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111  
 Tel. 953246654



## GRANULOMETRÍA

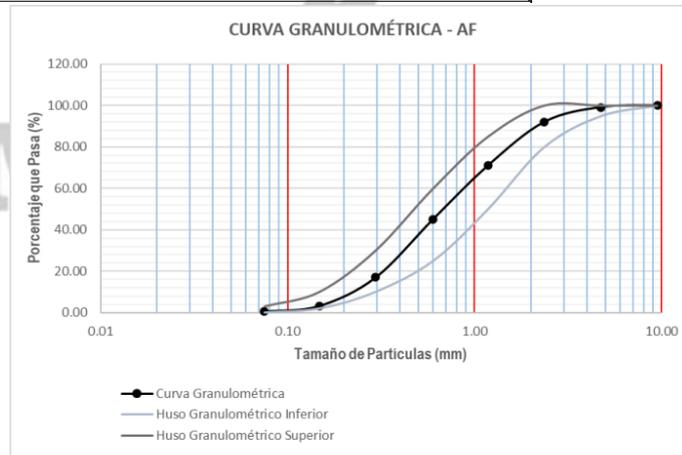
ENSAYO	GRANULOMETRÍA		
NORMA	MTC E204 / ASTM C136 / NTP 400.012		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	13/09/2024
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	13/09/2024

AGREGADO FINO		PESO MUESTRA SECA, Ws (gr)			1,000.00 gr		
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA		
(pulg)	(mm)	(gr)	(%)	(%)	ARENA	ESPECIFICACIÓN	
3/8"	9.50	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
N° 4	4.75	8.80	0.88	0.88	99.12	95	100
N° 8	2.36	71.51	7.15	8.03	91.97	80	100
N° 16	1.18	209.25	20.93	28.96	71.04	50	85
N° 30	0.60	258.95	25.90	54.86	45.14	25	60
N° 50	0.30	281.44	28.15	83.01	16.99	10	30
N° 100	0.15	137.09	13.71	96.72	3.28	2	10
N° 200	0.075	28.10	2.81	99.53	0.47	0	3
<b>FONDO</b>		4.71	0.47	<b>100.00</b>	0.00		
		<b>999.85</b>	<b>100.00</b>				

Error: 0.0150%

Ensayo Aceptado

Módulo de Finura Agregado Fino	2.72
$M.F. = \frac{\%ret. Acum\ malla (N^{\circ}4 + N^{\circ}8 + N^{\circ}16 + N^{\circ}30 + N^{\circ}50 + N^{\circ}100)}{100}$	





### GRANULOMETRÍA

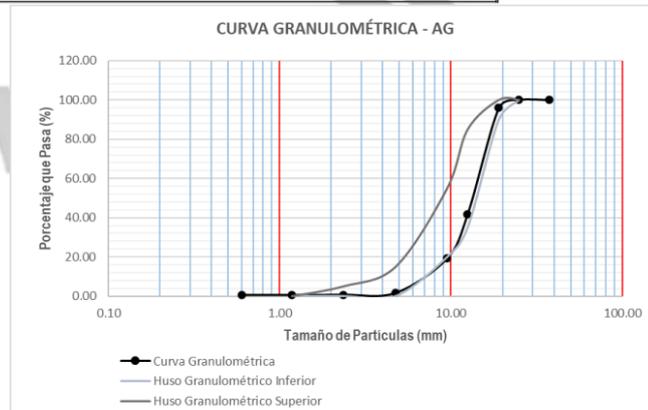
ENSAYO	GRANULOMETRÍA		
NORMA	MTC E204 / ASTM C136 / NTP 400.012		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	13/09/2024
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	13/09/2024

AGREGADO GRUESO		PESO MUESTRA SECA, Ws (gr)			5,000.00 gr		
TAMIZ		PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA		
(pulg)	(mm)	(gr)	(%)	(%)	GRAVA	ESPECIFICACIÓN	
1 1/2"	37.50	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.00	0.00	0.00	0.00	100.00	100	100
3/4"	19.00	204.00	4.08	4.08	95.92	90	100
1/2"	12.50	2,707.00	54.15	58.23	41.77	35	85
3/8"	9.50	1,125.00	22.50	80.73	19.27	20	55
N° 4	4.75	883.00	17.66	98.39	1.61	0	15
N° 8	2.36	44.00	0.88	99.28	0.72	0	5
N° 16	1.18	6.52	0.13	99.41	0.59	0	0
N° 30	0.60	2.61	0.05	99.46	0.54		
<b>FONDO</b>		27.11	0.54	<b>100.00</b>	0.00		
		<b>4999.24</b>	<b>100.00</b>				

Error:  Ensayo Aceptado

Módulo de Finura Agregado Grueso	6.81
$M. F. = \frac{\% \text{ret. Acum. malla } (N^{\circ} 1/2" + N^{\circ} 3/4" + N^{\circ} 3/8" + N^{\circ} 4 + N^{\circ} 8 + N^{\circ} 16 + N^{\circ} 30 + N^{\circ} 50 + N^{\circ} 100)}{100}$	

Tamaño Máximo Nominal Agregado Grueso	3/4"
"Está dado por la abertura de la malla inmediata superior a la que retiene el 15% acumulado, o más del agregado grueso tamizado"	





### PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AGREGADOS

ENSAYO	PESO UNITARIO Y VACÍO DE LOS AGREGADOS		
NORMA	MTC E203 / ASTM C29 / NTP 400.017		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	13/09/2024
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	13/09/2024

Diámetro del Cilindro Metálico	23.00 cm
Altura del Cilindro Metálico	24.08 cm

#### PESO UNITARIO DEL AGREGADO FINO

AGREGADO FINO		Tamaño Máximo Nominal (TMN)			Volumen Molde	0.01000 m³
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADOS
A	Peso del Molde + AF Compactado	kg	22.15	22.38	22.40	
B	Peso del Molde	kg	4.14	5.39	5.39	
C	Peso del AF Compactado, C = A - B	kg	18.01	16.99	17.01	
D	<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b> D = C / Vol. Molde	kg/m³	1,800.16	1,698.21	1,700.21	1,732.86
E	Peso del Molde + AF Suelto	kg	20.73	20.83	20.77	
F	Peso del AF Suelto, F = E - B	kg	16.59	15.44	15.38	
G	<b>PESO UNITARIO SUELTO</b> G = F / Vol. Molde	kg/m³	1,658.23	1,543.28	1,537.28	1,579.60

Diámetro del Cilindro Metálico	23.00 cm
Altura del Cilindro Metálico	24.08 cm

#### PESO UNITARIO DEL AGREGADO GRUESO

AGREGADO GRUESO		Tamaño Máximo Nominal (TMN)			Volumen Molde	0.01000 m³
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADO
A	Peso del Molde + AG Compactado	kg	26.45	26.36	26.52	
B	Peso del Molde	kg	6.02	6.02	6.02	
C	Peso del AG Compactado, C = A - B	kg	20.43	20.34	20.50	
D	<b>PESO UNITARIO COMPACTADO</b> D = C / Vol. Molde	kg/m³	2,042.05	2,033.05	2,048.65	2,041.25
E	Peso del Molde + AG Suelto	kg	29.56	28.56	30.94	
F	Peso del AG Suelto, F = E - B	kg	23.54	22.54	24.92	
G	<b>PESO UNITARIO SUELTO</b> G = F / Vol. Molde	kg/m³	2,352.91	2,252.95	2,490.84	2,365.57



### GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN - AF

ENSAYO	GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN - AF		
NORMA	MTC E205 / ASTM C128 / NTP 400.022		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	13/09/2024
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	13/09/2024

### GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS FINOS

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADOS
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del Suelo (Psss)	gr	500.00	500.00	500.00	
B	Peso del frasco + Agua hasta marca de 500ml	gr	1,297.00	1,297.90	1,296.20	
C	Peso del frasco + Agua + Psss, C = A + B	gr	1,797.00	1,797.90	1,796.20	
D	Peso del frasco + Psss + Agua hasta la marca de 500ml	gr	1,595.66	1,605.94	1,605.73	
E	Volumen de masa + Volumen de vacío, E = C - D	cm <sup>3</sup>	201.34	191.96	190.47	
F	Peso seco del suelo (en estufa a 105°C ± 5°C)	gr	494.63	494.67	493.36	
G	Volumen de masa, G = E - (A - F)	cm <sup>3</sup>	195.97	186.63	183.83	
H	PESO ESPECÍFICO BULK (base seca) H = F / E	gr/cm <sup>3</sup>	2.46	2.58	2.59	2.54
I	PESO ESPECÍFICO (base saturada) I = A / E	gr/cm <sup>3</sup>	2.48	2.60	2.63	2.57
J	PESO ESPECÍFICO APARENTE (base seca) J = F / G	gr/cm <sup>3</sup>	2.52	2.65	2.68	2.62
K	ABSORCIÓN K = [(A - F) / F] * 100	%	1.09%	1.08%	1.35%	1.17%


**AQUINO GARCÍA KEVIN JHOEL**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP. N° 218968

**MONTAÑA**

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654



**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - AG**

ENSAYO	PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN - AG		
NORMA	MTC E206 / ASTM C127 / NTP 400.021		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	13/09/2024
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	13/09/2024

**PESO ESPECÍFICO Y ABSORCIÓN DE AGREGADOS GRUESOS**

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADOS
A	Peso Saturado Superficialmente Seco del Suelo en aire	gr	3,023.00	3,042.00	3,051.00	
B	Peso Saturado Superficialmente Seco del Suelo en agua	gr	1,852.00	1,877.00	1,852.00	
C	Volumen de masa + Volumen de vacío, $C = A - B$	gr	1,171.00	1,165.00	1,199.00	
D	Peso seco del suelo (en estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ )	gr	3,017.00	2,996.00	2,996.00	
E	Volumen de masa, $E = C - (A - D)$	cm <sup>3</sup>	1,165.00	1,119.00	1,144.00	
F	PESO ESPECÍFICO BULK (base seca) $F = D / C$	gr/cm <sup>3</sup>	2.58	2.57	2.50	2.55
G	PESO ESPECÍFICO (base saturada) $G = A / C$	gr/cm <sup>3</sup>	2.58	2.61	2.54	2.58
H	PESO ESPECÍFICO APARENTE (base seca) $H = D / E$	gr/cm <sup>3</sup>	2.59	2.68	2.62	2.63
I	ABSORCIÓN $I = [(A - D) / D] * 100$	%	0.20%	1.54%	1.84%	1.19%



*[Signature]*  
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

**MONTANA**

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111  
Tel. 953246654



### ABRASIÓN AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS

ENSAYO	ABRASIÓN AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS		
NORMA	MTC E207 / ASTM C131 / NTP 400.019		
CANTERA	ANDABAMBA	FECHA DE MUESTREO	13/09/2024
UBICACIÓN	HUANUCO	FECHA DE ENSAYO	13/09/2024

### ABRASIÓN AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS

ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	RESULTADOS
A	Peso muestra total	gr	5,005.90	5,003.90	5,007.90	
B	Peso retenido en tamiz N° 12	gr	3,247.20	3,146.60	3,451.20	
C	DESGASTE A LA ABRASIÓN LOS ÁNGELES	%	35.13%	37.12%	31.08%	34.44%
	$C = [(A - B) / A] * 100$					



  
**MONTAÑA**  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
Ing. Semaniel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

# MONTANA

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654



DISEÑO DE MEZCLAS DE CONCRETO - MÉTODO ACI

**I) REQUERIMIENTOS**

Resistencia Especificada ( $f_{cua}$ )	210 kg/cm <sup>2</sup>	Desviación Estándar (S)	84 kg/cm <sup>2</sup>
Uso (Tipo de Estructura)	Vigas	Asentamiento (Uso)	1 a 4 Pulgadas
Consistencia	Plástica	Asentamiento (Consistencia)	3 a 4 Pulgadas
Condición de Exposición	Sin Aire Incorporado		
Condiciones Específicas de Exposición	Sin Condición Especial		
Concreto Expuesto a Soluciones de Sulfatos	No		

**II) MATERIALES**

☐ CEMENTO	Andino Tipo I	Peso Especifico	3.15 g/cm <sup>3</sup>
☐ AGUA	Potable		
☐ AGREGADO FINO			
Peso Especifico	2.620 g/cm <sup>3</sup>		
Absorción	1.170%		
Contenido de Humedad	1.360%		
Módulo de Finura	2.72		
☐ AGREGADO GRUESO			
Tamaño Máximo Nominal	3/4"		
Peso Especifico	2.630 g/cm <sup>3</sup>		
Peso Seco Compactado	2041.250 kg/m <sup>3</sup>		
Absorción	1.190%		
Contenido de Humedad	0.660%		

**III) DESARROLLO**

1 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA PROMEDIO

$f_{cr} = 294.000 \text{ kg/cm}^2$

2 SELECCIÓN DEL TAMAÑO MÁXIMO NOMINAL

TMN = 3/4"

3 SELECCIÓN DEL ASENTAMIENTO

Slump = 3 a 4 Pulgadas

4 VOLUMEN UNITARIO DE AGUA

205 L/m<sup>3</sup>

5 CONTENIDO DE AIRE

2.0 %

6 RELACIÓN AGUA / CEMENTO

a/c Por Resistencia = 0.558

a/c Por Durabilidad

A/C de diseño es 0.558

7 FACTOR CEMENTO

367.384 kg/m<sup>3</sup>

8.644 bls/m<sup>3</sup>

8 CONTENIDO DE AGREGADO GRUESO

Vol. A.G. Seco Compactado 0.628

Peso Agr. Grueso Seco 1281.905 kg/m<sup>3</sup>

9 CÁLCULO DE VOLUMENES ABSOLUTOS

Cemento = 0.117 m<sup>3</sup>

Agua = 0.205 m<sup>3</sup>

Aire = 0.020 m<sup>3</sup>

Agr. Grueso = 0.487 m<sup>3</sup>

Σ Volúmenes Absolutos 0.829 m<sup>3</sup>

10 CONTENIDO DE AGREGADO FINO

Vol. Absoluto Agr. Fino 0.171 m<sup>3</sup>

Peso Agr. Fino Seco 448.020 kg/m<sup>3</sup>

11 VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA

Cemento 367.384 kg/m<sup>3</sup>

Agua de Diseño 205.000 L/m<sup>3</sup>

Agregado Fino Seco 448.020 kg/m<sup>3</sup>

Agregado Grueso Seco 1281.905 kg/m<sup>3</sup>



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



**12 CORRECCIÓN POR HUMEDAD DEL AGREGADO**

**AGREGADO FINO**  
Contenido de Humedad 1.360%  
Peso Húmedo A.F. 454.113 kg/m<sup>3</sup>

**AGREGADO GRUESO**  
Contenido de Humedad 0.660%  
Peso Húmedo A.G. 1290.366 kg/m<sup>3</sup>

**HUMEDAD SUPERFICIAL DE LOS AGREGADOS**  
H.S. Agregado Fino 0.190%  
H.S. Agregado Grueso -0.530%

**APORTE DE HUMEDAD DE LOS AGREGADOS**

A.H. Agregado Fino	0.851	L/m <sup>3</sup>
A.H. Agregado Grueso	-6.794	L/m <sup>3</sup>
	<b>-5.943</b>	<b>L/m<sup>3</sup></b>
<b>Agua Efectiva</b>	<b>210.943</b>	<b>L/m<sup>3</sup></b>

**PESOS DE MATERIALES CORREGIDOS POR HUMEDAD DEL AGREGADO**

Cemento	367.384	kg/m <sup>3</sup>	=	367	kg/m <sup>3</sup>
Agua Efectiva	210.943	L/m <sup>3</sup>	=	211	L/m <sup>3</sup>
Agregado Fino Húmedo	454.113	kg/m <sup>3</sup>	=	454	kg/m <sup>3</sup>
Agregado Grueso Húmedo	1290.366	kg/m <sup>3</sup>	=	1290	kg/m <sup>3</sup>

**15 PROPORCIÓN EN PESO**

CEMENTO	1
AGREGADO FINO	1.236
AGREGADO GRUESO	3.512
AGUA	24.403

**DOSIFICACIÓN** 1 : 1.236 : 3.512 : 24.403 Litros/Bolsa

Relación Agua/Cemento de Diseño 0.558  
Relación Agua/Cemento Efectiva 0.574 Corregida

**14 PESO POR TANDA DE UN SAGO O BOLSA**

Peso de 1 bolsa de Cemento 42.50 kg

Cemento	42.500	kg/bolsa
Agua Efectiva	24.403	L/bolsa
Agregado Fino Húmedo	52.530	kg/bolsa
Agregado Grueso Húmedo	149.260	kg/bolsa

**IV) APLICACIÓN**

**1 CANTIDAD DE MATERIAL PARA UN DETERMINADO VOLUMEN**

DIMENSIONES				N° VECES	VOLUMEN m <sup>3</sup>	Considerar Volumen...
LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)	ÁREA / DIÁMETRO			
0.50	0.15	0.15		10	0.00	CLINDRICO (diámetro)
					0.11	CUBICO
					0.00	CUBICO
					0.00	CUBICO
					0.00	CUBICO
				<b>TOTAL</b>	<b>0.11 m<sup>3</sup></b>	

⇒ Cemento	41.29 kg	Adicionamos	FINAL	47.46 kg
⇒ Agua	23.74 Lt	15%		27.30 Lt
⇒ Agregado Fino	51.08 kg			58.74 kg
⇒ Agregado Grueso	145.13 kg	de Desperdicios		166.89 kg

**MONTAÑA**  
AQUINO GARCIA KEVIN JOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Samuel Juanito Palcos Pardave*  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



<b>ENSAYO:</b>	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO
<b>NORMA:</b>	NTP- 339.079 - 2012
<b>PROYECTO:</b>	TESIS: "MEJORA DEL MÓDULO DE ROTURA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO CON VARILLAS DE PET RECICLADO Y AGREGADOS DE LA CANTERA DE ANDABAMBA PARA UN F'c=210KG/CM2 EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO"
<b>SOLICITA:</b>	BACH. PÉREZ NOLBERTO, SHERLY ANDREA
<b>FECHA:</b>	OCTUBRE - 2024
<b>EQUIPO:</b>	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	N° DE VARILLAS PET RECICLADO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD MORTERO	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm2)
							(L) cm	(b) cm	(h) cm	
M-1	PATRON	16/09/2024	14/10/2024	28 días	22.40 kn	2,284.13 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.68 kg/cm <sup>2</sup>
M-2	PATRON	16/09/2024	14/10/2024	28 días	22.46 kn	2,290.25 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.80 kg/cm <sup>2</sup>
M-3	PATRON	16/09/2024	14/10/2024	28 días	22.38 kn	2,282.09 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.64 kg/cm <sup>2</sup>
M-4	PATRON	16/09/2024	14/10/2024	28 días	22.42 kn	2,286.17 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.72 kg/cm <sup>2</sup>
M-5	PATRON	16/09/2024	14/10/2024	28 días	22.49 kn	2,293.31 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.87 kg/cm <sup>2</sup>
M-6	PATRON	16/09/2024	14/10/2024	28 días	22.47 kn	2,291.27 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.83 kg/cm <sup>2</sup>
M-7	PATRON	16/09/2024	14/10/2024	28 días	22.39 kn	2,283.11 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.66 kg/cm <sup>2</sup>
M-8	PATRON	16/09/2024	14/10/2024	28 días	22.43 kn	2,287.19 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.74 kg/cm <sup>2</sup>
M-9	PATRON	16/09/2024	14/10/2024	28 días	22.41 kn	2,285.15 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.70 kg/cm <sup>2</sup>
M-10	PATRON	16/09/2024	14/10/2024	28 días	22.39 kn	2,283.11 kg	45 cm	15 cm	15 cm	45.66 kg/cm <sup>2</sup>

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

En donde:

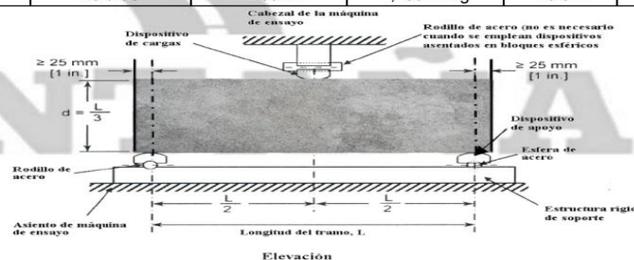
**Mr:** Es el módulo de rotura, en kg/cm<sup>2</sup>

**P:** Es la carga máxima de rotura en kg

**L :** Es la luz libre entre apoyos, cm.

**b:** Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm

**h:** Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm



**PROMEDIO** 45.73 kg/cm<sup>2</sup>

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654

**MONTAÑA**  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Samuel Falcon*  
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO
NORMA:	NTP- 339.079 - 2012
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DEL MÓDULO DE ROTURA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO CON VARILLAS DE PET RECICLADO Y AGREGADOS DE LA CANTERA DE ANDABAMBA PARA UN F' C=210KG/CM2 EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO"
SOLICITA:	BACH. PÉREZ NOLBERTO, SHERLY ANDREA
FECHA:	OCTUBRE - 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	N° DE VARILLAS PET RECICLADO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD MORTERO	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
							(L) cm	(b) cm	(h) cm	
M-1	N° 2	16/09/2024	14/10/2024	28 días	23.64 kn	2,410.57 kg	45 cm	15 cm	15 cm	48.21 kg/cm <sup>2</sup>
M-2	N° 2	16/09/2024	14/10/2024	28 días	23.69 kn	2,415.67 kg	45 cm	15 cm	15 cm	48.31 kg/cm <sup>2</sup>
M-3	N° 2	16/09/2024	14/10/2024	28 días	23.75 kn	2,421.79 kg	45 cm	15 cm	15 cm	48.44 kg/cm <sup>2</sup>
M-4	N° 2	16/09/2024	14/10/2024	28 días	23.62 kn	2,408.53 kg	45 cm	15 cm	15 cm	48.17 kg/cm <sup>2</sup>
M-5	N° 2	16/09/2024	14/10/2024	28 días	23.71 kn	2,417.71 kg	45 cm	15 cm	15 cm	48.35 kg/cm <sup>2</sup>
M-6	N° 2	16/09/2024	14/10/2024	28 días	23.73 kn	2,419.75 kg	45 cm	15 cm	15 cm	48.39 kg/cm <sup>2</sup>
M-7	N° 2	16/09/2024	14/10/2024	28 días	23.66 kn	2,412.61 kg	45 cm	15 cm	15 cm	48.25 kg/cm <sup>2</sup>
M-8	N° 2	16/09/2024	14/10/2024	28 días	23.70 kn	2,416.69 kg	45 cm	15 cm	15 cm	48.33 kg/cm <sup>2</sup>
M-9	N° 2	16/09/2024	14/10/2024	28 días	23.76 kn	2,422.81 kg	45 cm	15 cm	15 cm	48.46 kg/cm <sup>2</sup>
M-10	N° 2	16/09/2024	14/10/2024	28 días	23.65 kn	2,411.59 kg	45 cm	15 cm	15 cm	48.23 kg/cm <sup>2</sup>

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

En donde:

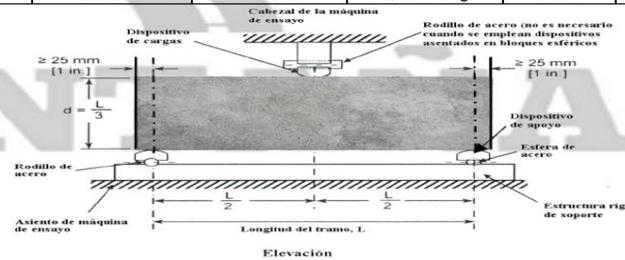
Mr: Es el módulo de rotura, en kg/cm<sup>2</sup>

P: Es la carga máxima de rotura en kg

L : Es la luz libre entre apoyos, cm.

b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm

h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm



**PROMEDIO** 48.32 kg/cm<sup>2</sup>

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654

**MONTAÑA**  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO
NORMA:	NTP- 339.079 - 2012
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DEL MÓDULO DE ROTURA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO CON VARILLAS DE PET RECICLADO Y AGREGADOS DE LA CANTERA DE ANDABAMBA PARA UN F' C=210KG/CM2 EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO"
SOLICITA:	BACH. PÉREZ NOLBERTO, SHERLY ANDREA
FECHA:	OCTUBRE - 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	N° DE VARILLAS PET RECICLADO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD MORTERO	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
							(L) cm	(b) cm	(h) cm	
M-1	N° 3	16/09/2024	14/10/2024	28 días	25.59 kn	2,609.41 kg	45 cm	15 cm	15 cm	52.19 kg/cm <sup>2</sup>
M-2	N° 3	16/09/2024	14/10/2024	28 días	25.63 kn	2,613.49 kg	45 cm	15 cm	15 cm	52.27 kg/cm <sup>2</sup>
M-3	N° 3	16/09/2024	14/10/2024	28 días	25.70 kn	2,620.63 kg	45 cm	15 cm	15 cm	52.41 kg/cm <sup>2</sup>
M-4	N° 3	16/09/2024	14/10/2024	28 días	25.66 kn	2,616.55 kg	45 cm	15 cm	15 cm	52.33 kg/cm <sup>2</sup>
M-5	N° 3	16/09/2024	14/10/2024	28 días	25.69 kn	2,619.61 kg	45 cm	15 cm	15 cm	52.39 kg/cm <sup>2</sup>
M-6	N° 3	16/09/2024	14/10/2024	28 días	25.60 kn	2,610.43 kg	45 cm	15 cm	15 cm	52.21 kg/cm <sup>2</sup>
M-7	N° 3	16/09/2024	14/10/2024	28 días	25.62 kn	2,612.47 kg	45 cm	15 cm	15 cm	52.25 kg/cm <sup>2</sup>
M-8	N° 3	16/09/2024	14/10/2024	28 días	25.69 kn	2,619.61 kg	45 cm	15 cm	15 cm	52.39 kg/cm <sup>2</sup>
M-9	N° 3	16/09/2024	14/10/2024	28 días	25.61 kn	2,611.45 kg	45 cm	15 cm	15 cm	52.23 kg/cm <sup>2</sup>
M-10	N° 3	16/09/2024	14/10/2024	28 días	25.67 kn	2,617.57 kg	45 cm	15 cm	15 cm	52.35 kg/cm <sup>2</sup>

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

En donde:

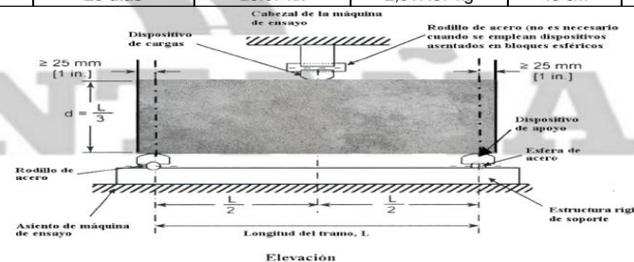
Mr: Es el módulo de rotura, en kg/cm<sup>2</sup>

P: Es la carga máxima de rotura en kg

L : Es la luz libre entre apoyos, cm.

b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm

h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm



PROMEDIO 52.30 kg/cm<sup>2</sup>

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654

**MONTAÑA**  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*S. J. P.*  
Ing. Samaniego Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



ENSAYO:	MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DEL CONCRETO EN VIGAS SIMPLEMENTE APOYADAS CON CARGAS EN EL CENTRO
NORMA:	NTP- 339.079 - 2012
PROYECTO:	TESIS: "MEJORA DEL MÓDULO DE ROTURA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO CON VARILLAS DE PET RECICLADO Y AGREGADOS DE LA CANTERA DE ANDABAMBA PARA UN F' C=210KG/CM2 EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO"
SOLICITA:	BACH. PÉREZ NOLBERTO, SHERLY ANDREA
FECHA:	OCTUBRE - 2024
EQUIPO:	PRENSA DIGITAL STYE 2000

MUESTRA	N° DE VARILLAS PET RECICLADO	FECHA DE ELABORACIÓN	FECHA DE ENSAYO	EDAD MORTERO	CARGA MÁXIMA (KN)	CARGA MÁXIMA (Kg)	ESPECÍMENES			Mr (kg/cm <sup>2</sup> )
							(L) cm	(b) cm	(h) cm	
M-1	N° 4	16/09/2024	14/10/2024	28 días	24.27 kn	2,474.81 kg	45 cm	15 cm	15 cm	49.50 kg/cm <sup>2</sup>
M-2	N° 4	16/09/2024	14/10/2024	28 días	24.34 kn	2,481.95 kg	45 cm	15 cm	15 cm	49.64 kg/cm <sup>2</sup>
M-3	N° 4	16/09/2024	14/10/2024	28 días	24.29 kn	2,476.85 kg	45 cm	15 cm	15 cm	49.54 kg/cm <sup>2</sup>
M-4	N° 4	16/09/2024	14/10/2024	28 días	24.31 kn	2,478.89 kg	45 cm	15 cm	15 cm	49.58 kg/cm <sup>2</sup>
M-5	N° 4	16/09/2024	14/10/2024	28 días	24.26 kn	2,473.79 kg	45 cm	15 cm	15 cm	49.48 kg/cm <sup>2</sup>
M-6	N° 4	16/09/2024	14/10/2024	28 días	24.36 kn	2,483.99 kg	45 cm	15 cm	15 cm	49.68 kg/cm <sup>2</sup>
M-7	N° 4	16/09/2024	14/10/2024	28 días	24.28 kn	2,475.83 kg	45 cm	15 cm	15 cm	49.52 kg/cm <sup>2</sup>
M-8	N° 4	16/09/2024	14/10/2024	28 días	24.30 kn	2,477.87 kg	45 cm	15 cm	15 cm	49.56 kg/cm <sup>2</sup>
M-9	N° 4	16/09/2024	14/10/2024	28 días	24.24 kn	2,471.75 kg	45 cm	15 cm	15 cm	49.44 kg/cm <sup>2</sup>
M-10	N° 4	16/09/2024	14/10/2024	28 días	24.52 kn	2,500.30 kg	45 cm	15 cm	15 cm	50.01 kg/cm <sup>2</sup>

$$Mr = \frac{3PL}{2bh^2}$$

En donde:

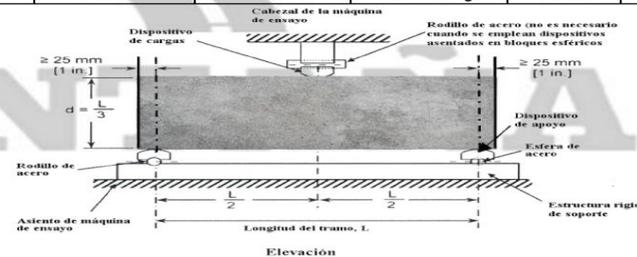
Mr: Es el módulo de rotura, en kg/cm<sup>2</sup>

P: Es la carga máxima de rotura en kg

L : Es la luz libre entre apoyos, cm.

b: Es el ancho promedio de la viga en la sección de falla, en cm

h: Es la altura promedio de la viga en la sección de falla, en cm



PROMEDIO 49.59 kg/cm<sup>2</sup>

Dir. Av. Alfonso Ugarte N° 111

Tel. 953246654



Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## ANEXO 5

### PANEL FOTOGRÁFICO

**Fotografía 1** Trituración de los plásticos PET



*Nota.* Se cortará en trozos pequeños los plásticos PET para la utilización de la fundición de las varillas.

**Fotografía 2** Molde de varillas PET y controlador de temperatura



*Nota.* Para la elaboración de las varillas PET se usará el termostato para controlar su temperatura.

**Fotografía 3 Pisón metálico**



*Nota.* El pisón metálico se usará para empujar a presión el PET fundido.

**Fotografía 4 Varilla metálica**



*Nota.* Se usará la varilla metálica para mezclar y remover el plástico PET fundido.

**Fotografía 5** PET triturado se le añadirá al molde y se prensará el PET fundido



*Nota.* Se fundirá el PET a una temperatura.

**Fotografía 6** Fundición y prensado del PET



*Nota.* El PET fundido se prensará hasta que el líquido se comience a solidificar y salgan las varillas PET.

**Fotografía 7** Adición de desmoldante a los moldes prismas rectangulares para vigas de 50 x15 x 15 cm



*Nota.* Se le cubrirá las paredes de los moldes de las vigas con un desmoldante para mayor facilidad para desencofrar.

**Fotografía 8** Selección del agregado fino



*Nota.* Se recolectó el agregado fino de la cantera de Andabamba para la dosificación de mezcla para las vigas con  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Fotografía 9 Selección del agregado Grueso**



Nota. Se recolectó el agregado grueso de la cantera de Andabamba para la dosificación de mezcla de las vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Fotografía 10 Pesaje del agregado fino para las vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$**



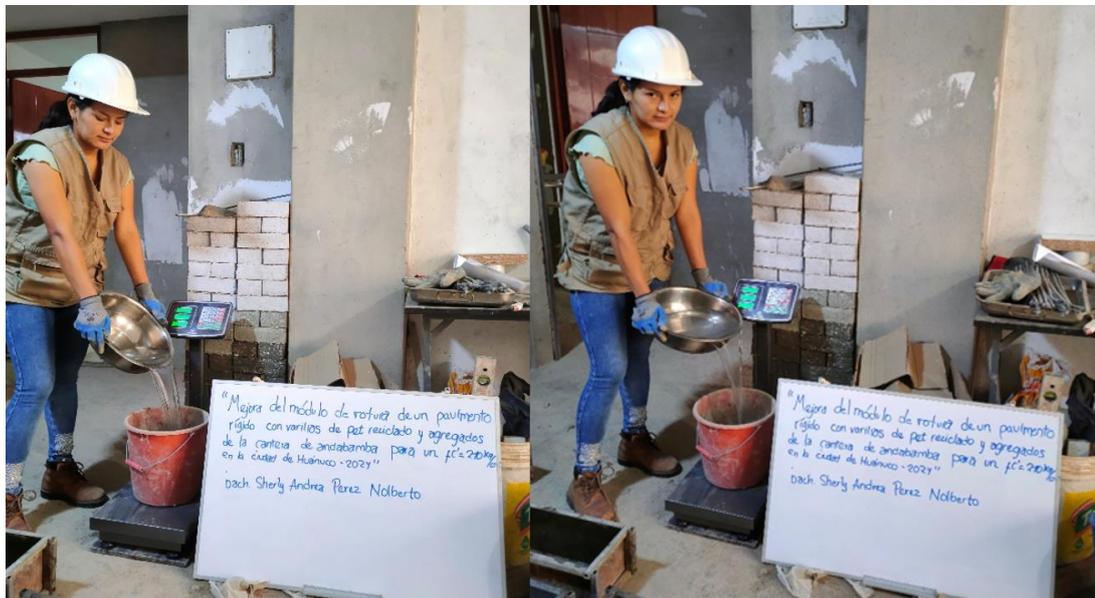
Nota. Se pesará el agregado fino según la dosificación de mezcla con un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  como lo indica la norma ACI 211.

**Fotografía 11** Pesaje del agregado grueso para la dosificación de mezcla de las vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$



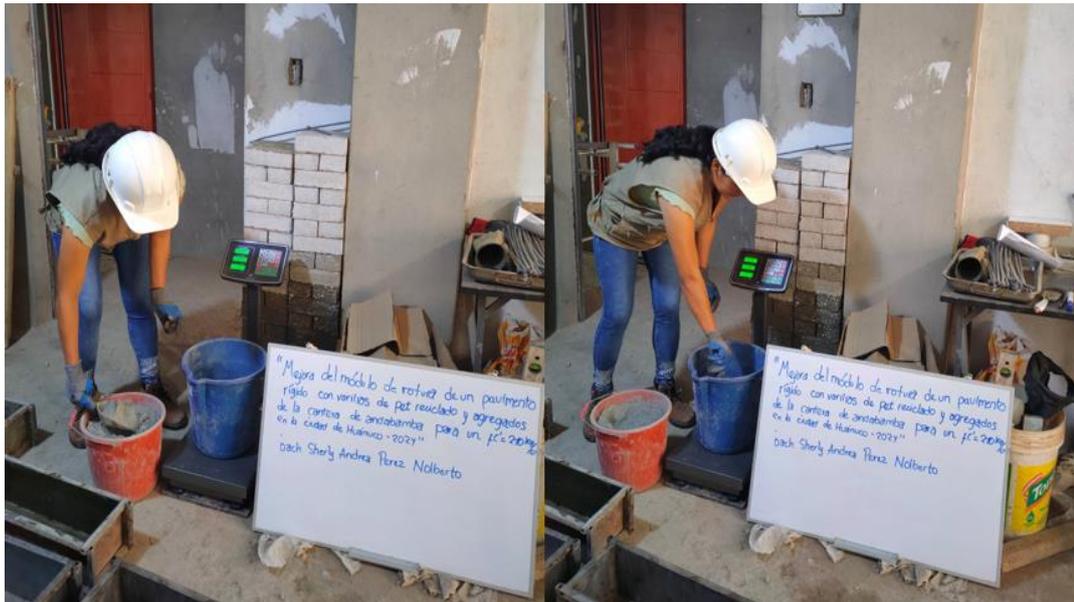
*Nota.* Se pesó el agregado fino según la dosificación de la mezcla con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  como lo indica la norma ACI 211.

**Fotografía 12** Pesaje del agua para las vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$



*Nota.* Se pesó el agua según la dosificación calculada con un  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  como lo indica la normativa ACI 211.

**Fotografía 13** Pesaje del cemento tipo I para elaborar el concreto de vigas con  $F'c= 210$   $kg/cm^2$



*Nota.* Se pesó el cemento tipo I según el diseño de la mezcla de concreto con una resistencia  $F'c= 210$   $kg/cm^2$  como lo indica la norma ACI 211.

**Fotografía 14** Adición del agregado grueso y agregado fino al trompo



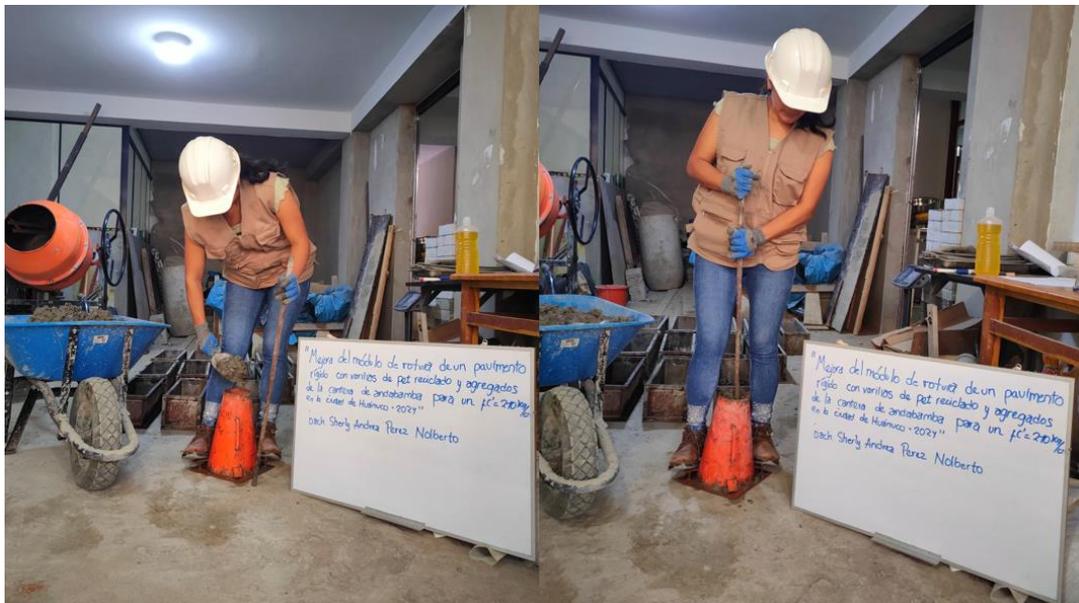
*Nota.* Proceso de elaboración de la mezcla de concreto con  $F'c= 210$   $kg/cm^2$  como lo indica la normativa ACI 211, agregado grueso tamaño máximo nominal  $\frac{3}{4}$  in y el agregado fino tamaño máximo nominal nro. 4 según la NTP 400.012.

**Fotografía 15** Adición del cemento y agua al trompo



*Nota.* Proceso de elaboración de la mezcla de concreto con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  como lo indica la normativa ACI 211, adición del cemento junto con el agua.

**Fotografía 16** Ensayo del Slump para determinar su asentamiento del concreto con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$



*Nota.* Proceso del ensayo del Slump se tendrá que compactar con 25 golpes a cada 1/3 de volumen por capa usando un fierro redondeado de 16mm de diámetro y aproximado de 600 mm de largo según lo indica la NTP. 339.035.

**Fotografía 17** Ensayo del Slump para determinar su asentamiento del concreto con  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$



**Nota.** Proceso del ensayo del Slump al terminar la compactación de los 25 golpes por cada capa 1/3 se levantará el molde y se invertirá para poder medir desde su base y poder determinar su asentamiento lo cual dio una medida de 3 in (plástica) según lo indica la NTP. 339.035.

**Fotografía 18** Elaboración de vigas con  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con medidas de 50 x 15 x 15 cm patrón



**Nota.** Proceso de elaboración de vigas con  $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , se compactará a cada 1/2 de volumen por capa usando un hierro redondeado de 16mm de diámetro y aproximado de 600 mm de largo.

**Fotografía 19** Muestras de las varillas PET



*Nota.* Se muestran las varillas PET con dimensiones 3/8 de diámetro y de largo 45 cm que se usaran como refuerzo en las vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Fotografía 20** Elaboración de vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con medidas de 50 x 15 x 15 cm reforzado con 2 varillas PET



*Nota.* Se usan en las vigas con una resistencia  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  2 varillas PET como refuerzo.

**Fotografía 21** Elaboración de vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con medidas de  $50 \times 15 \times 15 \text{ cm}$  reforzado con 3 varillas PET



*Nota.* Se usan en las vigas con una resistencia  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  3 varillas PET como refuerzo.

**Fotografía 22** Elaboración de vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con medidas de  $50 \times 15 \times 15 \text{ cm}$  reforzado con 4 varillas PET



*Nota.* Se usan en las vigas con una resistencia  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  4 varillas PET como refuerzo.

**Fotografía 23** Enrasamiento de las vigas PET



*Nota.* Se nivelará el concreto al ras con una plancha de pulir según lo indica la NTP. 339.079.

**Fotografía 24** Proceso de curado de vigas con  $F'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  con medidas de  $50 \times 15 \times 15 \text{ cm}$



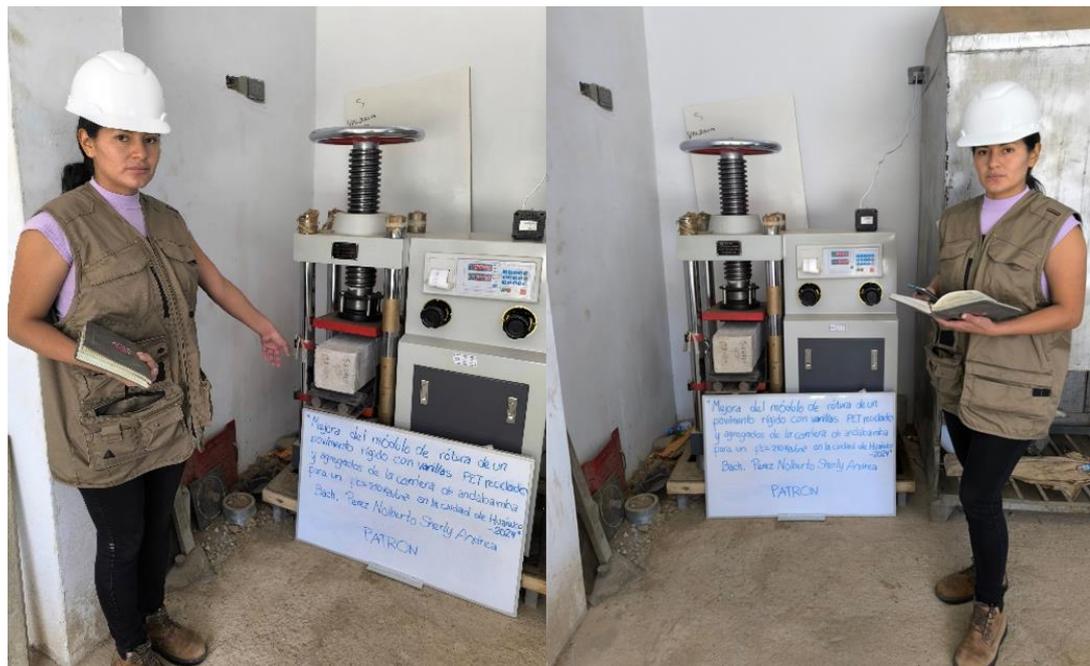
*Nota.* Después del fraguado se pondrá a curar las vigas hasta los días de ensayo de resistencia a la flexión.

**Fotografía 25** Trazos de los apoyos para realizar el ensayo de resistencia a la flexión con una carga central NTP 339.079



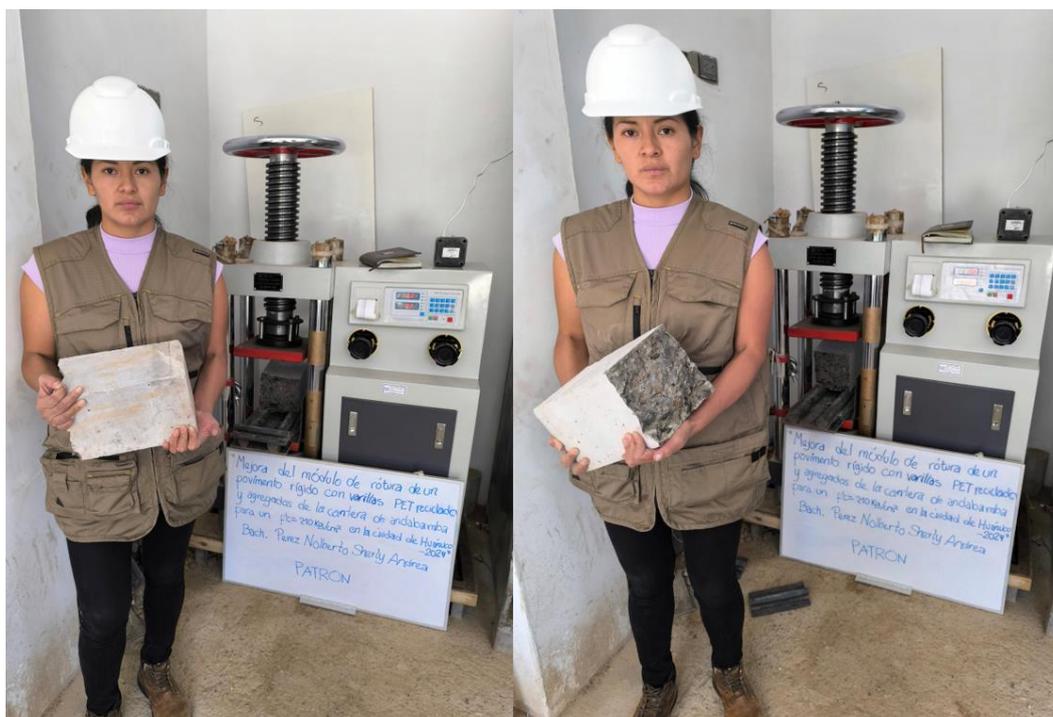
*Nota.* Se trazarán los apoyos con medidas de una 1 in a los extremos y una luz de L/2 según el diagrama estipulado en la NTP 339.079.

**Fotografía 26** Ensayo de resistencia a la flexión de vigas con  $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  (Patrón)



*Nota.* Se aplicará una carga constante de una velocidad de 0,9 MPa/min y 1,2 MPa/min de las vigas con  $F'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  como lo estipula la NTP 339.079.

**Fotografía 27** Rotura de vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  (Patrón)



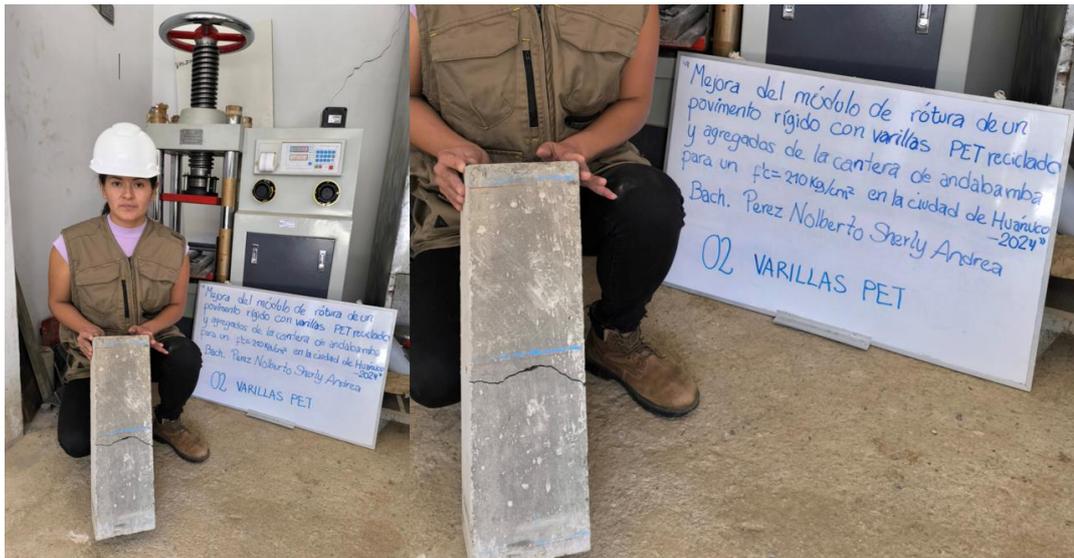
*Nota.* Se registra la carga máxima que dio la prensa digital Styte 2000 de las vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$ .

**Fotografía 28** Ensayo de resistencia a la flexión de vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con 2 varillas de refuerzo



*Nota.* Se aplicará una carga constante de una velocidad de  $0,9 \text{ MPa/min}$  y  $1,2 \text{ MPa/min}$  de a las vigas de concreto con 2 varillas de refuerzo con una resistencia  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  como lo estipula la NTP 339.079.

**Fotografía 29** Rotura de las vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con 2 varillas de refuerzo



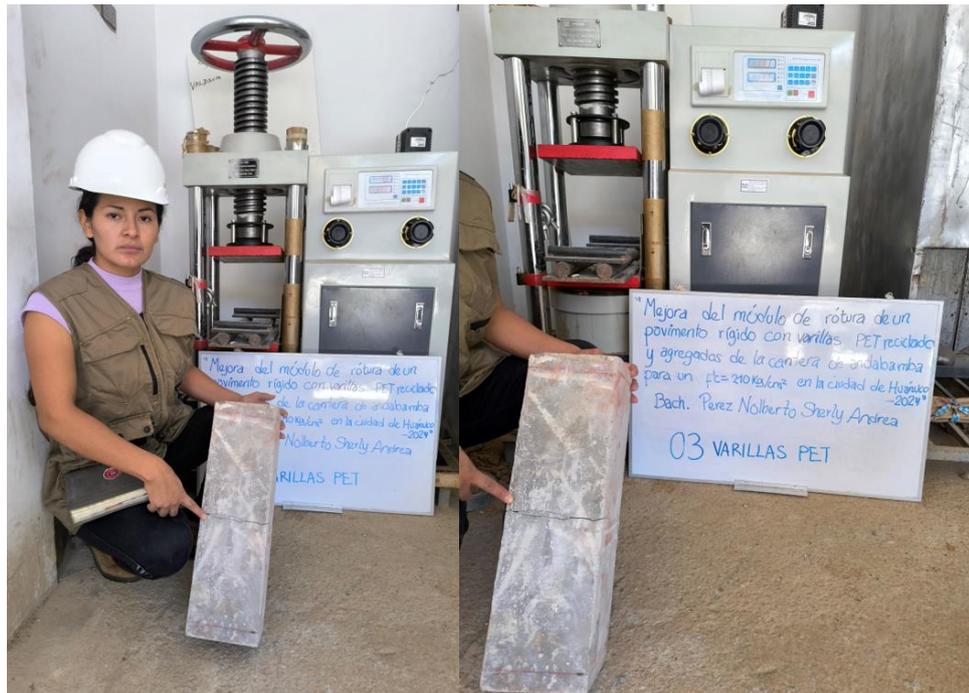
*Nota.* Se registra la carga máxima que dio la prensa digital Stye 2000 de las vigas de concreto con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con 2 varillas de refuerzo.

**Fotografía 30** Ensayo de resistencia a la flexión de vigas con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  de 3 varillas de refuerzo



*Nota.* Se aplicará una carga constante de una velocidad de  $0,9 \text{ MPa/min}$  y  $1,2 \text{ MPa/min}$  de a las vigas de concreto con 3 varillas de refuerzo con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  como lo estipula la NTP 339.079.

**Fotografía 31** Rotura de vigas con  $F_c= 210 \text{ kg/cm}^2$  de 3 varillas de refuerzo



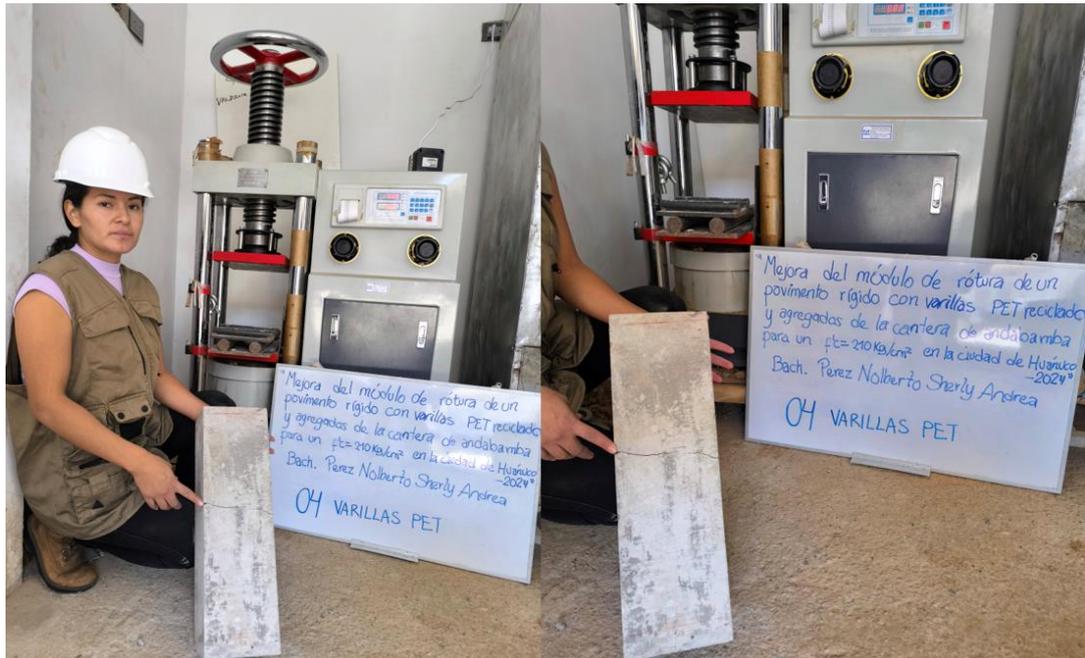
*Nota.* Se registra la carga máxima que dio la prensa digital Styte 2000 de las vigas de concreto con  $F_c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con 3 varillas de refuerzo.

**Fotografía 32** Ensayo de resistencia a la flexión de vigas de concreto con  $F_c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con 4 varillas de refuerzo



*Nota.* Se aplicará una carga constante de una velocidad de  $0,9 \text{ MPa/min}$  y  $1,2 \text{ MPa/min}$  de a las vigas de concreto con 4 varillas de refuerzo con una resistencia  $F_c= 210 \text{ kg/cm}^2$  como lo estipula la NTP 339.079

**Fotografía 33** Rotura de las vigas de concreto con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con 4 varillas de refuerzo



**Nota.** Se registra la carga máxima que dio la prensa digital Styte 2000 de las vigas de concreto con  $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$  con 4 varillas de refuerzo.

## ANEXO 6

### RESOLUCIONES EMITIDAS POR LA UNIVERSIDAD

## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### *Facultad de Ingeniería*

#### RESOLUCIÓN N° 3029-2023-D-FI-UDH

Huánuco, 13 de diciembre de 2023

Visto, el Oficio N° 2027-2023-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 457512-0000010910, de la Bach. **Sherly Andrea PEREZ NOLBERTO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

#### **CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45° inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 457512-0000010910, presentado por el (la) Bach. **Sherly Andrea PEREZ NOLBERTO**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### **SE RESUELVE:**

**Artículo Primero.** - **DESIGNAR**, como Asesor de Tesis de la Bach. **Sherly Andrea PEREZ NOLBERTO** al Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

**Artículo Segundo.** - El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

#### **REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE**



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
Ing. Ethel Ibarani Manzano Lozano  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
Mg. Bertha Campos Rios  
DECANA REDE. A FACULTAD DE INGENIERIA

#### Distribución:

Fac. de Ingeniería – PAIC – Asesor – Mat. y Reg.Acad. – Interesado – Archivo.  
BLCR/EJML/nto.

# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### RESOLUCIÓN N° 1653-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 26 de julio de 2024

Visto, el Oficio N° 1130-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **“MEJORA DEL MÓDULO DE ROTURA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO CON VARILLAS DE PET RECICLADO Y AGREGADOS DE LA CANTERA DE ANDABAMBA PARA UN F’C=210KG/CM2 EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2024”**, presentado por el (la) Bach. **Sherly Andrea PEREZ NOLBERTO**.

#### **CONSIDERANDO:**

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 3029-2023-D-FI-UDH, de fecha 13 de diciembre de 2023, perteneciente a la Bach. **Sherly Andrea PEREZ NOLBERTO** se le designó como ASESOR(A) al Mg. Martin Cesar Valdivieso Echevarria, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1130-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **“MEJORA DEL MÓDULO DE ROTURA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO CON VARILLAS DE PET RECICLADO Y AGREGADOS DE LA CANTERA DE ANDABAMBA PARA UN F’C=210KG/CM2 EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2024”**, presentado por el (la) Bach. **Sherly Andrea PEREZ NOLBERTO**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Carlos Antonio Torres Ponce (Presidente), Mg. Lili Tatiana Boyanovich Ordoñez (Secretario) y Mg. Alberto Carlos Jara Trujillo (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### **SE RESUELVE:**

**Artículo Primero.** - **APROBAR**, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **“MEJORA DEL MÓDULO DE ROTURA DE UN PAVIMENTO RÍGIDO CON VARILLAS DE PET RECICLADO Y AGREGADOS DE LA CANTERA DE ANDABAMBA PARA UN F’C=210KG/CM2 EN LA CIUDAD DE HUÁNUCO – 2024”**, presentado por el (la) Bach. **Sherly Andrea PEREZ NOLBERTO** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

**Artículo Segundo.** - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

#### **REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE**



Distribución: