

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



**TESIS**

---

**“Influencia de las fibras no estructurales de PVC en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kgf/cm}^2$ , Huánuco-2024”**

---

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Ochoa Mendoza, Darwin Franco

ASESOR: Jacha Rojas, Johnny Prudencio

HUÁNUCO – PERÚ

2025

# U

# D

# H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

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

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Estructuras**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)****CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería civil**Disciplina:** Ingeniería civil**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72175532

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 40895876

Grado/Título: Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0001-7920-1304

**DATOS DE LOS JURADOS:**

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Trujillo Ariza, Yelen Lisseth	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	70502371	0000-0002-5650-3745
2	Rodriguez Ponce, Charly Fernando	Título oficial de máster universitario en ingeniería estructural y de la construcción	71944966	0000-0001-6984-8681
3	Suarez Landauro, Reynaldo Favio	Maestro en gestión pública	22498065	0000-0002-4641-3797



**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 16:00 horas del día viernes 02 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:

- |                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| ❖ MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA    | PRESIDENTE |
| ❖ MG. CHARLY FERNANDO RODRÍGUEZ PONCE | SECRETARIO |
| ❖ MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO  | VOCAL      |

Nombrados mediante RESOLUCIÓN No 0735-2025-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC EN EL COMPORTAMIENTO ELÁSTICO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN CON  $F'c=210\text{KGF}/\text{CM}^2$ , HUÁNUCO-2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach. Darwin Franco OCHOA MENDOZA, 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 12 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).


Siendo las 17:00 horas del día 02 del mes de mayo del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
MG. YELEN LISSETH TRUJILLO ARIZA  
DNI: 70502371  
ORCID: 0000-0002-5650-3745

**PRESIDENTE**

  
MG. CHARLY FERNANDO RODRÍGUEZ PONCE  
DNI: 71944966  
ORCID: 0000-0001-6984-8681

**SECRETARIO (A)**

  
MG. REYNALDO FAVIO SUAREZ LANDAURO

DNI: 22498065

ORCID: 0000-0002-4641-3797

**VOCAL**



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: DARWIN FRANCO OCHOA MENDOZA, de la investigación titulada "Influencia de las fibras no estructurales de PVC en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f_c=210\text{kgf/cm}^2$ , Huánuco-2024", con asesor(a) JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1177-2023-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 11 % 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, 31 de marzo de 2025



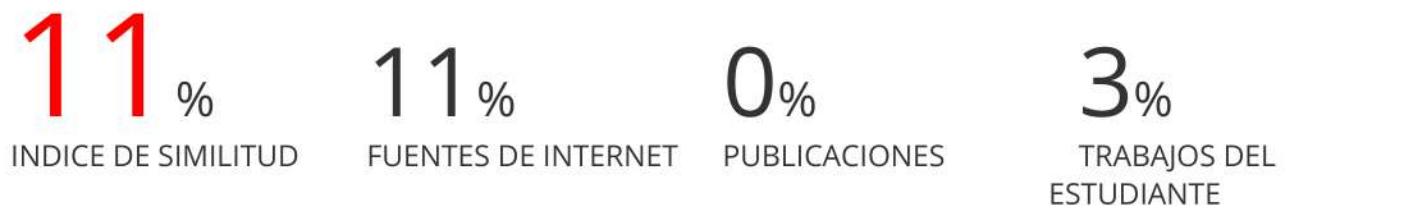
RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



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

# 356. Ochoa Mendoza, Darwin Franco.docx

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

- |   |  |               |
|---|--|---------------|
| 1 | <b>repositorio.udh.edu.pe</b><br>Fuente de Internet    | <b>3</b><br>% |
| 2 | <b>hdl.handle.net</b><br>Fuente de Internet            | <b>1</b><br>% |
| 3 | <b>repositorio.uancv.edu.pe</b><br>Fuente de Internet  | <b>1</b><br>% |
| 4 | <b>repositorio.unsaac.edu.pe</b><br>Fuente de Internet | <b>1</b><br>% |
| 5 | <b>repositorio.ucv.edu.pe</b><br>Fuente de Internet    | <b>1</b><br>% |



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

A mi valiente madre. Mi mayor fuente de inspiración en la vida han sido tus palabras de apoyo, tu tenacidad, tu valentía y tu inquebrantable ejemplo. Cada momento en que me mostraste tu afecto y cada día que trabajaste diligentemente para mantener nuestro hogar son tesoros que aprecio enormemente. Esta tesis es una oda a ti, mi fuente inagotable de amor y apoyo mientras prosigo mi educación. Has dejado una huella imborrable en mi vida con tu amor y tus enseñanzas, y mis logros académicos son el resultado directo de tu compromiso constante. Aprecio sinceramente todo lo que has hecho por mí, y esta tesis es mi pequeña muestra de agradecimiento.

## **AGRADECIMIENTO**

A mi hermano Flavio André. Mi mejor amigo, por ser mi compañero de vida y mi amigo desde el día 0. Por enseñarme que no hay imposibles en ningún objetivo trazado.

A mi hermana Dahanna Valentina. Por ser mi mayor motivo para enfrentar este largo proceso.

A mi padre Darwin, por sus enseñanzas, las vivencias juntos y su apoyo en el transcurso de vida educacional.

A mi prometida Cresly. Por ser mi soporte en todo este largo y apasionante camino académico, donde pase muchos retos brindándome apoyo su incondicional.

A mi madrina, Emma y mi primo Eduardo. Por sus palabras de aliento y la confianza que siempre me brindaron para superar los retos en este proceso.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
ÍNDICE .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	IX
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS .....	X
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT .....	XII
INTRODUCCIÓN.....	XIII
CAPÍTULO I.....	14
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	14
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	15
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	15
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO .....	15
1.3. OBJETIVOS .....	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	16
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	18
1.5.1. LIMITACIÓN ECONÓMICA .....	18
1.5.2. LIMITACIÓN DE INFORMACIÓN .....	18
1.5.3. LIMITACIÓN ESPACIAL.....	18
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.6.1. VIABILIDAD TEÓRICA .....	18
1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA .....	18
1.6.3. VIABILIDAD TEMPORAL .....	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 .....	22

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES .....	23
2.2. BASES TEÓRICAS .....	23
2.2.1. POLICLORURO DE VINILO .....	24
2.2.2. FIBRAS DE PVC .....	25
2.2.3. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN .....	25
2.2.4. CONCRETO .....	27
2.2.5. FORMULACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO EMPLEANDO EL PROCEDIMIENTO DEL ACI .....	28
2.2.6. CONCRETO ARMADO NTP E.060 .....	36
2.2.7. COMPORTAMIENTO ELÁSTICO SOBRE COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS EXPUESTOS A ESFUERZOS FLEXIONANTES .....	38
2.2.8. LEY DE HOOKE .....	39
2.2.9. MODULO DE ELASTICIDAD .....	40
2.2.10. ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN .....	40
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES .....	41
2.4. HIPÓTESIS .....	44
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL .....	44
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....	45
2.5. VARIABLES .....	45
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE .....	45
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	45
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	46
CAPÍTULO III.....	48
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	48
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	48
3.1.1. ENFOQUE .....	48
3.1.2. ALCANCE O NIVEL .....	48
3.1.3. DISEÑO .....	49
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	50
3.2.1. POBLACIÓN .....	50
3.2.2. MUESTRA .....	51
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	52
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	52

CAPÍTULO IV .....	53
RESULTADOS .....	53
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	53
4.1.1. DISEÑO DE MEZCLA.....	53
4.1.2. ENSAYO DE FLEXIÓN A LAS VIGAS DE CONCRETO .....	58
4.1.4. VERIFICACIÓN DE RESULTADOS, GABINETE VS LABORATORIO.....	67
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	71
4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS .....	71
4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS .....	73
CAPÍTULO V .....	75
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
CONCLUSIONES .....	78
RECOMENDACIONES.....	80
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
ANEXOS .....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Rangos sugeridos de asentamiento según el tipo de obra estructural .....	31
Tabla 2 Volumen estimado de agua y aire correspondiente a distintos niveles de asentamiento especificados .....	33
Tabla 3 Vínculo existente entre la proporción agua-cemento y la capacidad del concreto para soportar cargas de compresión alcanzada tras un periodo de curado de 28 días .....	33
Tabla 4 Cantidad correspondiente al material pétreo de mayor tamaño densamente en estado densamente consolidado presente en cada metro cúbico de concreto .....	34
Tabla 5 Operacionalización de variables .....	46
Tabla 6 Requisitos mínimos de tamaño muestral en función del tipo o nivel de investigación desarrollado .....	51
Tabla 7 Detalle específico del conjunto muestral elegido para la presente investigación .....	52
Tabla 8 Resumen de las características físico-mecánicas de los materiales empleados en la elaboración de los diseños de mezcla .....	53
Tabla 9 Proporciones de los componentes en una mezcla de concreto sin adición de fibras de PVC .....	54
Tabla 10 Dosificación detallada para un diseño de concreto con 0% de fibras de PVC .....	54
Tabla 11 Proporciones para mezcla con 0.3% de fibras de PVC .....	55
Tabla 12 Dosificación detallada aplicado en el concreto elaborado con la inclusión de 0.3% de fibras de PVC .....	55
Tabla 13 Proporciones de insumos para la elaboración de un diseño de mezcla con 0.5% de fibras de PVC .....	56
Tabla 14 Dosificación detallada para un diseño de concreto con 0.5% de fibras de PVC .....	56
Tabla 15 Proporción de insumos utilizados dentro de un diseño que incorpora 0.7 % de fibras de PVC .....	57
Tabla 16 Dosificación detallada aplicado a una mezcla de concreto que contiene 0.7% de fibras de PVC .....	57

Tabla 17 Intervalo de resistencia de concreto con 0.0% de fibras de PVC, sometidos a flexión .....	58
Tabla 18 Intervalo de resistencia de concreto con 0.3% de fibras de PVC, sometidos a flexión .....	59
Tabla 19 Intervalo de resistencia de concreto con 0.5% de fibras de PVC, sometidos a flexión .....	60
Tabla 20 Intervalo de resistencia de concreto con 0.7% de fibras de PVC, sometidos a flexión .....	61
Tabla 21 Resultados de la verificación por tracción, laboratorio .....	70
Tabla 22 Resumen de resultados de gabinete vs laboratorio.....	70
Tabla 23 Evaluación prueba aplicada para verificar la distribución normal de los datos aplicada sobre los registros correspondientes a la capacidad compresiva, con el propósito de analizar posibles diferencias significativas	71
Tabla 24 Verificación del valor de significancia (p-valor) obtenido en la prueba .....	72

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Distribución de materiales para un diseño de concreto con 0% de fibras de PVC .....	54
Gráfico 2 Asignación de materiales utilizados en la formulación del concreto con 0.3 % de fibra de PVC.....	55
Gráfico 3 Asignación proporcional de componentes para una mezcla de concreto con incorporación del 0.5 % de fibras de PVC .....	57
Gráfico 4 Asignación proporcional de materiales dentro de una formulación de concreto que incorpora 0.7% de fibras de PVC .....	58
Gráfico 5 Evolución de correspondiente al comportamiento a flexión del concreto evaluado, sin adicionar fibra de PVC.....	59
Gráfico 6 Comportamiento progresivo de la resistencia a flexión del concreto con una incorporación del 0.3 % de fibras de PVC .....	60
Gráfico 7 Evolución respecto a la capacidad a flexión del concreto al incorporar 0.5% de fibras de PVC.....	61
Gráfico 8 Evolución de la resistencia del concreto sometido a flexión, adicionando 0.7% de fibras de PVC .....	62
Gráfico 9 Desarrollo progresivo respecto al comportamiento a flexión de la mezcla de referencia, considerando 0.0% de fibras de PVC.....	63
Gráfico 10 Comparación técnica de resistencias sometidas a flexión de 0.0% VS 0.3% de fibra de PVC.....	64
Gráfico 11 Comparativa de resistencias sometidas a flexión de 0.0% VS 0.5% de fibra de PVC .....	65
Gráfico 12 Comparación técnica de resistencias sometidas a flexión de 0.0% VS 0.7% de fibra de PVC.....	66
Gráfico 13 Viga simplemente apoyada .....	67
Gráfico 14 Zona comprimida y traccionada de la viga.....	68
Gráfico 15 Momento Máximo Flector .....	68
Gráfico 16 Esfuerzo en el concreto .....	69

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Peso de la fibra de PVC y separándolos de acuerdo a las proporciones para los diseños de concreto.....	102
Fotografía 2 Peso del cemento según el diseño de mezclas .....	102
Fotografía 3 Se observa la mezcla de los materiales según la dosificación del diseño.....	103
Fotografía 4 Concreto ya elaborado según el diseño de mezclas, se realizaron 60 vigas de concreto que servirán de muestra para los ensayos que se realizarán .....	103
Fotografía 5 La viga lista para que sea sometida a flexión y comprobar su elasticidad .....	104
Fotografía 6 Las muestras (vigas), serán sometidas a flexión en el laboratorio .....	104
Fotografía 7 La muestra (viga), serán sometidas a flexión en el laboratorio .....	105
Fotografía 8 La viga siendo sometida a flexión y comprobando su elasticidad .....	105
Fotografía 9 Resultados cuando se presentan grietas en la viga, verificación por tracción, con contenido del 0.0% de vibra de PVC no estructural. $P = 6700 \text{ Kg-f}$ .....	106
Fotografía 10 Resultados cuando se presentan grietas en la viga, verificación por tracción, con contenido del 0.0% de vibra de PVC no estructural. $P = 6770 \text{ Kg-f}$ .....	106
Fotografía 11 Resultados cuando se presentan grietas en la viga, verificación por tracción, con contenido del 0.5% de vibra de PVC no estructural. $P = 6840 \text{ Kg-f}$ .....	107
Fotografía 12 Resultados cuando se presentan grietas en la viga, verificación por tracción, con contenido del 0.7% de vibra de PVC no estructural. $P = 6970 \text{ Kg-f}$ .....	107

## RESUMEN

Demostrar que las fibras de PVC no estructurales mejoran el comportamiento elástico de los componentes sometidos a flexión fue el propósito principal del presente trabajo consistió en analizar los efectos de la incorporación de fibras en el comportamiento estructural del concreto. Se empleó el siguiente tipo de **metodología** de estudio, ya que tiene aplicaciones claras e inmediatas. Dado que la incorporación de fibras de PVC no estructurales en la composición del concreto alterará la resistencia a la flexión, el método fue cuantitativo. Se utilizó una metodología experimental cuasi-experimental para explicar el cambio en la capacidad del concreto para soportar esfuerzos de flexión al incorporar fibras de refuerzo fue evaluada durante el proceso experimental PVC no estructurales al diseño de mezcla. El universo muestral estuvo integrado por 60 elementos estructurales de concreto con dimensiones normalizadas 6" x 8" con una longitud de 18", dicho grupo abarcó muestras elaboradas con distintos niveles porcentuales de inclusión de fibras no estructurales no estructurales de PVC. La técnica de recolección de datos fue observacional, también se registró la dosificación de fibras de PVC mediante fichas técnicas y se analizaron los resultados de los ensayos con apoyo de Excel y SPSS v.27, sin añadir fibras de PVC al diseño se alcanzó una capacidad resistente equivalente a 150.22 kilogramos por centímetro cuadrado, 188.16 kg/cm<sup>2</sup>, 204.12 kg/cm<sup>2</sup> y 219.14 kg/cm<sup>2</sup> a los 7, 14, 21 y 28 días respectivamente. Entonces luego de añadir la fibra no estructural de PVC en un porcentaje del 0.3%, 0.5% y 0.7% se tuvo un incremento en la que se evidenció un incremento de 2.45 kilogramos por centímetro cuadrado en la resistencia estructural, 4.10 kg/cm<sup>2</sup> y 6.42 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente, considerando que las vigas fueron sometidas a flexión a los 28 días. En **conclusión**, queda demostrado al añadir fibras no estructurales de PVC al diseño de concreto este mejoró el comportamiento elástico correspondientes a los especímenes que fueron evaluados bajo cargas flexionantes con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, en consecuencia, los resultados obtenidos respaldan la validez de la hipótesis planteada

**Palabras claves:** Concreto, fibras de PVC, flexión, vigas, comportamiento elástico.

## ABSTRACT

The primary objective of this research was to demonstrate that non-structural PVC fibers improve the elastic behavior of concrete elements subjected to flexural stress. The study applied a methodology with clear and immediate applications. Since the inclusion of non-structural PVC fibers in the concrete mix modifies its flexural strength, a quantitative approach was adopted. A quasi-experimental design was used to explain the variation in the flexural capacity of concrete due to the incorporation of these fibers into the mix. The sample consisted of 60 standardized concrete elements measuring 6" x 8" and 18" in length, including specimens with varying percentages of non-structural PVC fibers. Data collection was observational, and the fiber dosages were recorded using technical data sheets. Test results were analyzed using Excel and SPSS v.27. Without the addition of PVC fibers, the measured flexural strength reached 150.22, 188.16, 204.12, and 219.14 kg/cm<sup>2</sup> at 7, 14, 21, and 28 days, respectively. After incorporating 0.3%, 0.5%, and 0.7% of non-structural PVC fibers, an increase in strength was observed—2.45, 4.10, and 6.42 kg/cm<sup>2</sup>, respectively—considering that all specimens were tested at 28 days. In conclusion, the integration of non-structural PVC fibers into the concrete mix enhanced the elastic performance of the tested specimens under flexural loads, reaching a strength of 210 kg/cm<sup>2</sup>, thereby supporting the validity of the proposed hypothesis.

**Keywords:** Concrete, PVC fibres, bending, beams, elastic behaviour.

## INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de la construcción, la gestión de residuos se ha convertido en un desafío significativo a nivel global. Los materiales contaminantes, como el PVC, el formaldehído y otros compuestos tóxicos, generan una creciente preocupación por su impacto ambiental y en la salud pública.

En naciones como Perú, que enfrenta una elevada producción de desechos de construcción y un índice reducido de reciclaje, resulta esencial identificar soluciones eficaces para atenuar estos problemas. Este estudio se centra en la evaluación respecto al efecto que genera la incorporación de fibras no estructurales de PVC en la respuesta elástica del concreto bajo carga con el propósito de optimizar sus propiedades mecánicas.

Al analizar el planteamiento del problema y los objetivos del estudio, se busca no solo ampliar el saber técnico en el campo de la edificación, sino también fomentar prácticas sustentables en la gestión de desechos y el uso de materiales reciclados.

Por esta razón, este análisis de investigación incluye cinco capítulos. El problema de investigación se plantea y detalla en el Capítulo I, además de los objetivos, la razón de ser, las restricciones y la factibilidad del estudio. El marco teórico del Capítulo II se exponen los estudios previos relacionados relevantes, el sustento teórico, los conceptos clave, las hipótesis formuladas, así como las variables con su respectiva operacionalización. Anexo III: El enfoque de la investigación abarca la población y la muestra, el tipo de estudio, los instrumentos y métodos de recolección de datos, los métodos de procesamiento de datos y los métodos de análisis de datos. El Capítulo IV aborda el manejo de datos, las evaluaciones y la verificación de hipótesis. V Capítulo: Debate sobre los resultados. Conclusión y recomendaciones. Finalmente, existen referencias bibliográficas y apéndices.

# CAPÍTULO I

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La utilización de componentes riesgosos en las construcciones, tales como formaldehído, amianto, plomo, CFC, disolventes tóxicos o PVC (policloruro de vinilo), produce grandes cantidades de residuos a nivel global y incrementa la responsabilidad de los constructores. Además de los importantes problemas de contaminación que provoca, como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), la demolición de edificios también contribuye a esta degradación, ya que produce grandes cantidades de basura, mucha de ella peligrosa y de alto riesgo para la sociedad. Teniendo en cuenta todo esto, el país promulgó la Ley General de Residuos Sólidos (No. 27314), que establece los derechos, deberes, atribuciones y responsabilidades para garantizar el procesamiento y manejo de estos materiales. Muchas naciones han tomado medidas en esta materia para garantizar que los policloruros de vinilo PVC sean utilizados y tratados adecuadamente. (Sáez et al., 2014)

Con aproximadamente el 2% del material total generado reciclado, Perú ocupa el último lugar en términos de reciclaje y es el cuarto productor de residuos de la construcción en América Latina. Perfiles de ventanas, persianas y revestimientos, revestimiento de cables, baldosas, papel pintado vinílico, tuberías, cajas de distribución, enchufes y láminas impermeabilizantes (techos, suelos) son sólo algunos ejemplos de los muchos componentes de construcción que utilizan PVC. En general, todos los productos flexibles liberan compuestos tóxicos durante su vida útil, lo que los hace extremadamente peligrosos (Amezcuia, 2016)

En la región de Huánuco, dado que los productos de PVC para la construcción suelen durar entre cinco y treinta años, los residuos de la construcción, incluido el policloruro de vinilo de PVC, se queman o se vierten en vertederos de residuos sólidos no autorizados. En el primer caso, los

aditivos de los materiales se liberan, contaminando el suelo y el agua con el paso del tiempo. Chilepampa, el principal vertedero de Huánuco, tiene una extensión de 4,33 hectáreas y recibe diariamente 62 toneladas de residuos, entre los que se encuentran residuos generales de la construcción. Lucmapata (Kichki) con 115 m<sup>2</sup>, Jatun Loma (Yarumayo) con 95 m<sup>2</sup>, Parash Pampa (Chaulán) con 1068 m<sup>2</sup>, Higuscancha (Cayrán) con 1050 m<sup>2</sup>, Galloragra (Churubamba) con 179 m<sup>2</sup>, Villasol (Chinchao) con 847 m<sup>2</sup> y Huaychaugoto (Margos) con 673 m<sup>2</sup>.

Los 10 botaderos de la provincia de Huánuco son botaderos de residuos sólidos no autorizados, representando el 14% de los 71 botaderos que el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) encontró en todo el departamento de Huánuco. En consecuencia, el estudio se orientó a optimizar la característica mecánica del concreto relacionada con su etapa elástica cuando es sometida al ensayo sobre el comportamiento del concreto frente a esfuerzos de flexión mediante la influencia de fibras no estructurales de PVC en la resistencia del concreto, es importante señalar que la elección del material respondió tanto a su disponibilidad como a su potencial para modificar la resistencia del concreto.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

PG: ¿De qué manera influyen las fibras no estructurales de PVC en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024?

### **1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO**

PE1: ¿Cuál es la influencia de un 0,3% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024?

PE2: ¿Cuál es la influencia de un 0,5% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024?

PE3: ¿Cuál es la influencia de un 0,7% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

OG: Determinar la influencia de las fibras no estructurales de PVC en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

OE1: Determinar la influencia de un 0,3% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

OE2: Determinar la influencia de un 0,5% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

OE3: Determinar la influencia de un 0,7% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

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

La creciente generación de residuos plásticos, en particular de

policloruro de vinilo (PVC), representa un desafío ambiental significativo debido a su difícil manejo y prolongado tiempo de degradación. En Huánuco, los residuos de PVC provenientes de la construcción suelen ser desechados de manera inadecuada en vertedero no autorizados, el principal botadero tiene de nombre Chilepampa, contribuyendo a la contaminación del suelo y el agua. Esta problemática plantea la necesidad de explorar soluciones sostenibles que reduzcan su impacto ambiental y promuevan su reutilización en nuevos contextos.

Este estudio, con una resistencia habitual de 210 kgf/cm<sup>2</sup>, busca valorar el efecto del impacto de las fibras de PVC no estructurales sobre la capacidad de deformación elástica del concreto de los componentes de concreto sometidos a flexión. Además de ofrecer una alternativa efectiva para eliminar estos desechos, la incorporación de fibras de PVC al concreto como refuerzo puede potenciar las propiedades mecánicas del material, incluyendo su ductilidad y su habilidad para deformarse elásticamente.

Desde la perspectiva tecnológica, esta investigación aportará a crear materiales de construcción nuevos y sostenibles que respondan a las exigencias de una mayor eficiencia y responsabilidad medioambiental. Además, los resultados del estudio ofrecerán datos fehacientes sobre el comportamiento estructural de estos componentes, que pueden resultar muy útiles a ingenieros, investigadores y otros especialistas preocupados por el empleo de materiales reciclados en construcciones civiles.

Este trabajo pretende promover un modelo de economía circular en la zona reduciendo las repercusiones sociales y medioambientales negativas relacionadas con la eliminación final de los residuos de PVC. De este modo, pretende fomentar una gestión prudente de los recursos y disminuir el impacto medioambiental de la construcción.

Esta investigación es relevante porque tiene la capacidad de resolver un problema medioambiental global desde un punto de vista local, creando soluciones viables y ampliaciones que favorecen al medio ambiente y al sector de la edificación.

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

### **1.5.1. LIMITACIÓN ECONÓMICA**

Dado que el investigador corre con los gastos del estudio de investigación, los límites financieros suelen estar relacionados con los gastos necesarios para la movilidad y el desplazamiento al lugar de la investigación, así como los costes de las pruebas y el procesamiento de los resultados.

### **1.5.2. LIMITACIÓN DE INFORMACIÓN**

Considerando que el uso de fibras de refuerzo como parte de PVC no estructurales en la mezcla de concreto es un asunto de gran interés y ha sido objeto de numerosas investigaciones debido a su relevancia, la presente investigación no presenta limitaciones en cuanto a la información.

### **1.5.3. LIMITACIÓN ESPACIAL**

Considerando que el estudio se realizará en un laboratorio con el propósito de recolectar los datos necesarios para la investigación que será factible, no existen limitaciones espaciales en el estudio desarrollado.

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

El término, describe la viabilidad teórica, financiera y temporal del estudio realizado.

### **1.6.1. VIABILIDAD TEÓRICA**

A lo largo del desarrollo del estudio se incluyen bibliografías, revistas científicas y sitios web relacionados con la investigación de las fibras de PVC no estructurales en el concreto.

### **1.6.2. VIABILIDAD ECONÓMICA**

El responsable del estudio dispone del respaldo económico

necesario, el cual se utilizará para cubrir asesoría especializada en investigación y los costos asociados a los ensayos de resistencia a la flexión en laboratorio.

### **1.6.3. VIABILIDAD TEMPORAL**

Esta investigación se centra en la propiedad mecánica del desempeño a flexión del concreto al ser modificado con fibras no estructurales de PVC en el concreto. No obstante, no se considerarán otras propiedades mecánicas del concreto, tales como la resistencia a compresión y a tracción, debido a la limitación de tiempo y recursos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Hernández y León (2017), “análisis sobre el concreto mejorado con un 2% de fibras sintéticas de polipropileno incorporadas en su composición”, la finalidad de esta investigación consistió en determinar la capacidad de carga entre las propiedades del concreto tradicional y aquellas del concreto que incluyó un 2% de polipropileno como refuerzo (PPF). La metodología fue experimental. Entre la mezcla de microfibras de polipropileno y el concreto convencional, 29 muestras de concreto representan la población. Diez muestras de concreto convencional, diez muestras con una capacidad de 25 L que contienen un 2% (500 gr) de microfibra de polipropileno, y nueve muestras con un volumen de 40 L que contienen 800 gramos de fibras sintéticas tipo microfibra de polipropileno componen la muestra. En consecuencia, las muestras que contenían un 2% de microfibra de polipropileno superaron al concreto normal en términos de resistencia, alcanzando 265,7 Kn a los 7 días, 409,1 Kn a los 14 días y 422,7 Kn a los 28 días. Se estableció que la incorporación de un 2% de microfibra de polipropileno redujo la trabajabilidad del concreto e impidió su compactación completa debido a que la cantidad de fibra era superior a la de la mezcla de concreto.

Robles y Madariaga (2018), “estudio orientado a caracterizar el comportamiento del concreto reforzado con polipropileno aplicado en elementos tipo viga” en Colombia con la finalidad de examinar evaluar la capacidad flexional y describir con precisión las características físico-mecánicas del material cementicio utilizado al que se ha añadido el polímero. Por lo tanto, los ensayos se llevaron a cabo en un ambiente de laboratorio y la cantidad de detalles era descriptiva, el enfoque empleado fue experimental. A los 28 días, los ensayos se realizaron en muchas

probetas, cada una con y sin adiciones variables de fibra. Según los datos, la deformación aumentó proporcionalmente a las cargas empleadas (de 10 KN a 25 KN); asimismo, el acero se deforma, pero no la fibra a partir de 22 KN; no obstante, la adición de 6 kg/m<sup>3</sup> de fibra aumenta la capacidad de carga en un 18%, incrementando la resiliencia del concreto. En definitiva, se determina que las cualidades físico-mecánicas del concreto mejoran en cuanto se añaden grandes cantidades de fibras de polipropileno.

Cabarcas y Colpas (2020), "Evaluación de la resistencia a la flexión y compresión de un concreto estructural ecológico con fibras pet propuesto conforme a la norma NSR-10", El propósito era reutilizar el Polietilen Tereftalato (PET) de los recipientes de plástico mediante un incremento dentro del contexto constructivo, se adoptó un diseño de mezcla tradicional basado en las directrices de la norma ACI 211.1 y el enfoque granulométrico del método Fuller. Esta iniciativa fue impulsada por el hecho de que los residuos presentes en zonas costeras se originan principalmente por conductas humanas inapropiadas incorrectas por parte de las personas y su limitada conciencia sobre el impacto generado en la preservación del ecosistema. De acuerdo con los hallazgos, mediante la incorporación del 0.2% de fibras de poliéster reciclado (PET) en la mezcla del concreto disminuyó su resistencia a la compresión en un 9,89% en comparación con el concreto de control. No obstante, la incorporación de un 0,35% de fibra de PET ocasionó se observó una reducción del 6.5% en la capacidad compresiva; sin embargo, se concluyó que las fibras permitieron conservar la resistencia flexional del concreto, principalmente para prevenir el agrietamiento por contracción plástica, dado que incrementa tanto la ductilidad como la resistencia estructural del concreto fueron favorecidas, por lo que se sugiere aplicar tratamientos superficiales con aditivos a las fibras PET para optimizar su desempeño. Dado que los áridos entran dentro de los rangos de granulometría especificados por las normas ACI, su contribución práctica subraya la importancia de su uso. 211.1, en la que se han empleado diversas gradaciones y porcentajes de áridos con el fin de incrementar

el rendimiento estructural de las fibras de poliéster reciclado en mezclas como complemento de la combinación.

### 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Lima (2020), “Evaluación de las características físicas y estructurales del concreto tradicional reforzado con fibras de polipropileno, Lima – 2020”, pretende evaluar se evaluó la respuesta comparativa entre el concreto estándar y aquel modificado con fibras de polipropileno, aplicando una metodología basada en diseño cuasiexperimental. La población está formada por 36 especímenes convencionales y especímenes modificados con fibra de polipropileno (PPF). Nueve probetas convencionales, se incluyeron especímenes elaborados con tres proporciones distintas de fibras de polipropileno: 0.1%, 0.3% y 0.5%, cada una representada por nueve unidades de prueba componen la muestra, que tiene un total de 36 probetas. La adición de FPP al 0,1% al concreto produjo un resultado positivo, aumentando su resistencia a la compresión en un 8% hasta 265,9 kg/cm<sup>2</sup>, superior a los 226,8 kg/cm<sup>2</sup> del concreto estándar. Se estableció que la adición de FPP optimizaba las características del concreto, pero ejercía un efecto contrario en cuanto a la manejabilidad, el ensayo de asentamiento (SLUMP) evidenció que al incorporar un 0.5% de fibra se generó una disminución en la fluidez de la mezcla.

Jalixto y Percca (2020), “Efecto del uso de incorporación de fibras sintéticas de polipropileno en el desempeño plástico y mecánico del material cementicio empleado con resistencias  $f'_c=210$  y  $280$  kg/cm<sup>2</sup>, Cusco – 2021”, el propósito es cuantificar la respuesta relacionadas con el comportamiento mecánico y plástico de mezclas de concreto formuladas para alcanzar niveles específicos de resistencia de 210 y 280 kg/cm<sup>2</sup>, respectivamente. El enfoque adoptado correspondió a un diseño cuasi-experimental, debido a la estructura del análisis comparativo. Se emplearon probetas convencionales y probetas intervenidas mediante la incorporación de fibras de polipropileno (PPF). El conjunto muestral seleccionado consta de nueve muestras convencionales, nueve

muestras al 0,10%, nueve muestras al 0,20% y nueve muestras al 0,30% que contenían polipropileno como material de refuerzo. El porcentaje de tensión de compresión del concreto fue del 105,38% cuando se añadió 0,10% de PPF, del 110,23% cuando se añadió 0,20% de PPF y del 113,53% cuando se añadió 0,30% de PPF. A la conclusión de los 28 días, el porcentaje de tensión de compresión del concreto excedía el porcentaje estándar, que es del 100,00%. Se estableció que el uso de polipropileno como refuerzo en la mezcla de concreto incrementaba su estabilidad, aunque reducía su trabajabilidad. En la prueba SLUMP, la adición del 0.3% de polipropileno en forma de fibra a la composición del concreto resultó en una reducción del 35,1% del asentamiento. Además, al incluir un 0.3% de fibra de polipropileno se logró incrementar la resistencia compresiva del concreto a los 28 días. A partir del mismo modo, el porcentaje ideal es del 0,3%, pero el 0,5% reduce la resistencia.

Saldaña (2021), “Análisis del impacto del PVC reciclado en la resistencia a compresión y la aparición de eflorescencias en ladrillos de concreto”. La finalidad consistió en analizar los efectos que genera la fibra de PVC en las propiedades estructurales del material PVC en tanto la presencia de eflorescencias como la capacidad compresiva de los bloques de concreto fueron evaluadas conforme a la NTP 399.601 y otras disposiciones técnicas nacionales normativa del NTE. 0.70, que se puede clasificar en la categoría IV, evidencia que el uso de fibras de PVC contribuye significativamente a mejorar tanto la resistencia mecánica como el control de eflorescencias en unidades de concreto. Para concluir, la integración de polímeros, ya sean naturales o sintéticos, en el concreto tradicional contribuirá a la optimización de sus propiedades mecánicas.

### 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

No se encontraron referencias bibliográficas.

## 2.2. BASES TEÓRICAS

La investigación contiene un conjunto de conceptos que conforman un

determinado enfoque dirigido a explicar una cuestión. Es posible clasificar según las materias o variables examinadas que constituyen el corpus de la investigación.

### 2.2.1. POLICLORURO DE VINILO

El Policloruro de Vinilo (PVC) es un polímero termoplástico extensamente empleado en el sector industrial, atribuible a sus características polivalentes y su costo reducido. En esta sección se presenta su estructura, propiedades químicas, procesamiento y aplicaciones.

**Estructura y propiedades del PVC:** El PVC constituye un polímero lineal compuesto por unidades reiterativas de cloruro de vinilo. La estructura del polivinilo (PVC) se fundamenta en uniones covalentes establecidas entre los elementos carbono y cloro, lo cual le otorga una elevada estabilidad química y una notable resistencia a la corrosión. El grado de cloración del PVC influye en sus propiedades físicas y químicas, como la rigidez, la resistencia al calor y la inflamabilidad (Vázquez et al., 2019).

**Procesamiento del PVC:** El PVC se procesa primordialmente a través de métodos de extrusión y moldeo, permitiendo su conformación en una diversidad considerable de formas y dimensiones. A lo largo del proceso productivo, es posible incorporar agentes plastificantes con el objetivo de potenciar la flexibilidad y la capacidad de deformación del material. El procesamiento del PVC también implica la adición de estabilizadores para prevenir la degradación del polímero debido al calor y la radiación ultravioleta (García et al., 2020).

**Aplicaciones del PVC:** El PVC se utiliza en numerosas aplicaciones industriales y comerciales debido a su versatilidad y durabilidad. Entre las aplicaciones comunes del PVC se encuentran las tuberías, los revestimientos de cables, los perfiles para ventanas y las láminas para recubrimientos. Adicionalmente, el PVC se emplea extensivamente en el sector constructivo debido a su alta resistencia al

agua, la corrosión y los compuestos químicos (López et al., 2018).

### **2.2.2. FIBRAS DE PVC**

Son fibras fabricadas a partir de policloruro de vinilo, un tipo de plástico ampliamente utilizado en la industria. Estas fibras se emplean en una diversidad de aplicaciones, abarcando textiles y materiales de construcción, así como materiales de construcción. Las fibras de PVC se utilizan en la fabricación de textiles resistentes al agua, como impermeables y chubasqueros. También se pueden mezclar con otros materiales para crear telas más duraderas y resistentes al desgaste, como en la fabricación de ropa deportiva. En la construcción, las fibras de PVC se utilizan como refuerzo en materiales como el concreto y el yeso. Estas fibras contribuyen a incrementar la resistencia y durabilidad de los materiales de construcción y tienen la capacidad de disminuir la generación de fisuras y la formación de fisuras. Es importante destacar que las fibras de PVC tienen características específicas con respecto a su capacidad frente a la humedad y su prolongada vida útil, lo cual las hace adecuadas para aplicaciones particulares (Ortiz y Duran, 2019).

### **2.2.3. COMPORTAMIENTO A FLEXIÓN**

Indicador asociado a la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción. Se trata de una cuantificación de la resistencia a la fractura instantánea de una viga o losa de concreto no armado. Se establece mediante la aplicación de cargas a vigas de concreto con un espesor mínimo del triple y se consideran elementos con secciones que varían entre 150 y 450 mm, y la capacidad flexional se determina a través de ensayos específicos las técnicas de ensayo ASTM C78 (cargada en tercios) o ASTM C293 (cargada en el punto medio), cuyos resultados se reportan generalmente en unidades de presión como megapascales o psi (National Ready Mixed Concrete Association, 2017).

#### **Factores que influyen en la resistencia a la flexión del concreto**

La resistencia al desgaste del concreto se ve influenciada por

múltiples variables, como la proporción entre agua y cemento, así como la naturaleza de los agregados utilizados, la proporción de refuerzo y el tratamiento aplicado durante la etapa de fraguado y endurecimiento del concreto. Estos elementos influyen en la uniformidad y adherencia de los componentes del cemento utilizado y los agregados, lo que consecuentemente afecta la resistencia del material a las cargas de flexión (González, 2017).

### **Características estructurales del concreto ante cargas mecánicas relacionadas con la resistencia a la flexión**

La capacidad del concreto para resistir cargas de flexión está fuertemente vinculada a sus características mecánicas, tales como la resistencia a la compresión, la resistencia a la tracción y el módulo de elasticidad. La resistencia a la compresión es uno de los indicadores más relevantes de su habilidad para resistir cargas de flexión, mientras que la resistencia a la tracción es crucial con el fin orientada a minimizar la formación de grietas y fracturas en su superficie bajo esfuerzos (Martínez et al., 2019).

### **Métodos de cálculo y diseño en relación con la capacidad del concreto para soportar esfuerzos de flexión**

Diversos procedimientos de cálculo y diseño se emplean para establecer el comportamiento estructural del concreto frente a cargas flexionantes en estructuras. Los métodos fundamentados en la teoría elástica, tales como la Teoría de la Viga Prismática y la Teoría de la Flexión Compuesta, se incluyen entre estos. Estos procedimientos considerando cómo se distribuyen las tensiones internas a lo largo de la sección analizada transversal del componente estructural y facilitan la determinación relacionada con la capacidad del concreto para resistir esfuerzos aplicados aplicadas y responder ante esfuerzos de flexión (Pérez, 2020).

## 2.2.4. CONCRETO

El concreto se puede conceptualizar como un material compuesto por dos elementos fundamentales: fragmentos de piedra confinados en esta pasta y un material inicialmente maleable que adquiere rigidez progresiva conforme avanza su proceso de fraguado. La pasta se compone de cemento, una sustancia aglutinante o conglomerante, y agua. Además de aportar fluidez a la mezcla, el agua también experimenta una reacción química con el cemento, lo que provoca su endurecimiento. (Porrero S. et al., 2014)

### **Composición y propiedades correspondiente al material cementicio compuesto**

El concreto está formado principalmente por una mezcla de cemento, agua, áridos finos y gruesos, así como aditivos en determinadas ocasiones. Las características del concreto, entre ellas su capacidad compresiva y su resistencia a largo plazo, capacidad de trabajo y retracción, son determinadas por las cantidades, así como la proporción de estos componentes. El aumento registrado en la capacidad resistente y rigidez del concreto está primordialmente determinado por el proceso químico denominado hidratación, que ocurre al combinarse el cemento con el agua (González, 2018).

### **Características estructurales del concreto frente a cargas mecánicas**

Es apropiado para una serie de aplicaciones estructurales debido a sus características mecánicas esenciales. El ensayo de compresión uniaxial se aplica con el fin de analizar el desempeño del concreto frente a soportar esfuerzos de compresión, considerada una de las características más cruciales. La capacidad elástica y la resistencia frente a flexión y la resistencia a la tracción son otros atributos mecánicos. Las características de los áridos utilizados y las proporciones de la mezcla afectan a estas cualidades (Martínez et al., 2021).

## **Métodos de diseño del concreto**

El diseño del concreto se basa en métodos específicos que tienen en cuenta los requisitos estructurales y las propiedades del material. Los métodos más comunes incluyen el diseño por resistencia, como el método de diseño ACI, que utiliza la resistencia a la compresión del concreto y las cargas de diseño para dimensionar adecuadamente los elementos estructurales. Otros métodos, como el diseño por estado límite, consideran también la deformación y la resistencia última del concreto (Pérez, 2019).

### **2.2.5. FORMULACIÓN DE MEZCLAS DE CONCRETO EMPLEANDO EL PROCEDIMIENTO DEL ACI**

#### **Aspectos generales relacionado con la proporción y composición de las mezclas cementicias**

El proceso de diseño de mezcla implica definir tanto los componentes como sus proporciones, tomando en cuenta criterios estructurales, económicos, funcionales y estéticos del acabado, se denomina diseño de la mezcla. Según Asocreto (2011), el cemento, que proporciona capacidad de adherencia y cohesión, representa entre el 7% y el 15% del volumen de la mezcla. Los áridos, que son esencialmente arena y grava, constituyen entre el 59.00% y el 76.00% del volumen de la mezcla. Finalmente, el contenido de aire incluido en la mezcla suele fluctuar entre 1 % y 3 %, mientras que el volumen de agua, indispensable para la reacción de hidratación, varía entre 14 % y 18 %. Según lo establecido en el método ACI 211.1, esboza dos técnicas para elegir y modificar las proporciones del concreto en masa y de peso normal. El enfoque segundo se fundamenta en las estimaciones del volumen absoluto ocupado por los componentes del concreto, mientras que el método inicial se fundamenta expresado en función de la masa del concreto contenida en una unidad de volumen. La trabajabilidad, la consistencia, la resistencia y la durabilidad son algunos de los parámetros que se tienen en cuenta en las operaciones (Cordero,

Cárdenas y Rojas, 2019).

### **Condiciones técnicas necesarias para el diseño adecuado de mezclas de concreto**

#### **Capacidad de manipulación o facilidad de colocación del concreto**

La facilidad con la que puede ser manipulado el concreto involucra aspectos como la trabajabilidad y consistencia, entendida esta última como la aptitud de la mezcla para ser colocada y compactada sin segregarse, lo cual depende de factores como el tamaño de partícula, la morfología de los agregados y sus proporciones relativas agregados, incorporación del contenido de aire, el uso de aditivos químicos y la uniformidad de los materiales (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

#### **Consistencia**

Se relaciona con la trabajabilidad y se caracteriza por la movilidad relativa de la mezcla de concreto, expresada en términos de asentamiento.

La exigencia de agua, que se incrementa conforme los áridos se tornan más rugosos y angulosos, y se reduce cuando los áridos adecuadamente clasificados alcanzan su tamaño máximo, determina un asentamiento específico (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

#### **Resistencia**

A pesar de que la resistencia del concreto es una característica esencial, también son tomadas en cuenta como fundamentales características tales como la capacidad resistente a agentes externos, la impermeabilidad y la capacidad de resistir el desgaste superficial, evaluadas generalmente a los 28 días de curado, la resistencia se emplea habitualmente como indicador para la dosificación, el diseño estructural y la evaluación del concreto (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

### **Relación agua-cemento**

La resistencia del concreto, definida como a/c y para un conjunto específico de ingredientes y condiciones, se basa en la proporción exacta de agua respecto a la masa de cemento utilizada; la absorción de los áridos no se tiene en cuenta. Las variaciones dependiendo de la variedad y origen del cemento, del nivel de aire incorporado, y de los aditivos utilizados que inciden directamente en el proceso de hidratación, el tamaño de los áridos, la gradación, la textura, la forma, la resistencia de las partículas y la rigidez contribuyen a las variaciones para una determinada relación a/c (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

### **Relación agua-cemento**

El concreto debe presentar un comportamiento adecuado frente a las condiciones ambientales a las que será expuesto, tales como ciclos de congelación y descongelamiento, variaciones térmicas, entre otros factores externos (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

### **Masa por unidad de volumen del material compuesto**

En algunas situaciones específicas, el concreto es seleccionado debido a su masa o densidad particular (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

### **Datos base para el diseño de mezclas**

ACI 211.1 es una guía que puede utilizarse en situaciones en las que se dispone de poca o ninguna información, pero siempre que sea factible, las opciones de dosificación del concreto deben basarse en datos procedentes del conocimiento previo sobre los insumos que serán empleados en la mezcla en las mezclas. Detalles importantes sobre los insumos accesibles para el diseño podrían incluir:

- Evaluación de la distribución de tamaños de partícula en los agregados.
- Masa por volumen del agregado de mayor tamaño.

- Determinación de la densidad no compactada y capacidad de absorción del material granular
- Volumen de agua requerido en función de las propiedades de los agregados utilizados.
- Proporción entre la cantidad de agua añadida y la dosificación de cemento en la mezcla.
- Valor de densidad correspondiente a los materiales aglutinantes.
- Mezclas ideales de agregados que permitan alcanzar la densidad requerida en el concreto (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

### **Información fundamental para la formulación del diseño de mezcla**

Con especificaciones que cubren variables como la relación agua/cemento, el contenido mínimo de cemento, el contenido de aire, el asentamiento, el tamaño máximo de los áridos, la resistencia y demás características del concreto, influenciadas por los componentes cementantes, los aditivos químicos y los agregados, pueden determinarse mediante la aplicación del procedimiento sistemático y práctico propuesto por la norma ACI 211.1 para el diseño de mezclas (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019). A continuación, se presenta un resumen de estos pasos:

#### **Paso 1. Determinación del nivel de asentamiento requerido**

Si no se especifica el grado de fluidez de la mezcla, se puede elegir una magnitud específica adecuada a partir de la tabla 1 (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

**Tabla 1**

*Rangos sugeridos de asentamiento según el tipo de obra estructural*

<b>Clasificación de obras constructivas según su función y diseño estructural</b>	<b>Asentamiento (mm)</b>	
	<b>Máximo</b>	<b>Mínimo</b>
Elementos de cimentación, como zapatas y muros, que incorporan refuerzo estructural	75	25
Componentes de fundación como zapatas, estructuras tipo cajón y muros, ejecutados sin refuerzo interno	75	25

Elementos verticales y horizontales con refuerzo, tales como muros portantes y vigas estructurales	100	25
Estructuras verticales diseñadas para transmitir cargas axiales	100	25
Superficies horizontales utilizadas como base de rodadura o como parte del sistema estructural de pisos	75	25
Concreto colocado en grandes volúmenes sin elementos de refuerzo, donde el control térmico y de asentamiento es prioritario	50	25

Fuente. Adaptado de ACI (2002).

### **Paso 2. Elección correspondiente a la dimensión nominal superior del material granular incorporado utilizado en la mezcla**

Los agregados de mayor tamaño, si están bien graduados, presentan menor volumen de vacíos en comparación con los de menor granulometría, lo que implica un menor requerimiento de mortero por volumen de peso. Además, se pueden lograr mejores resultados al disminuir los tamaños máximos nominales para generar resistencias elevadas con una relación establecida. Esta elección está vinculada con el paso 3, donde se realiza la proyección respecto al volumen contenido en la mezcla, condicionado por el tamaño del agregado, conforme se expone en el apartado correspondiente subsiguiente (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

### **Paso 3. Cálculo aproximado del volumen del contenido de agua junto con aire incorporados en la mezcla de concreto**

El volumen de agua requerido por unidad cúbica de mezcla, considerando el nivel de asentamiento deseado específico se determina principalmente por el tamaño máximo nominal, la morfología y la distribución granulométrica de los agregados empleados.

En la tabla 2 se expone una estimación del contenido de agua necesario para mezclas que utilizan diferentes tamaños máximos de agregado, sin considerar el contenido de aire (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

**Tabla 2**

*Volumen estimado de agua y aire correspondiente a distintos niveles de asentamiento especificados*

Asentamiento (mm)	Agua en l/m <sup>3</sup> para el tamaño nominal máximo indicado							
	9.5 Mm	12,5 mm	19 mm	25 mm	37.5 mm	50 mm	75 mm	150 mm
Concreto sin entrada de aire								
25 a 50	208.1	199.2	187.4	178.4	163.5	154.6	130.8	113.0
75 a 100	228.9	217.0	202.2	193.2	178.4	169.5	145.7	124.9
150 a 175	243.8	229.0	214.1	202.2	187.3	178.4	160.5	-
Más de 175	-	-	-	-	-	-	-	-
Porcentaje estimado de aire incorporado en la mezcla de concreto								
	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2

*Fuente.* Adaptado de ACI (2002).

#### **Paso 4. Selección de la relación a/c**

La determinación de la proporción entre agua y cemento no se limita únicamente en necesidades de resistencia, sino también en la longevidad. La tabla 2.3 presenta las relaciones habituales según las exigencias de resistencia evaluadas a los 28 días mediante el uso de cemento Portland Tipo I fueron comparadas con lo establecido por Asocreto (2011).

**Tabla 3**

*Vínculo existente entre la proporción agua-cemento y la capacidad del concreto para soportar cargas de compresión alcanzada tras un periodo de curado de 28 días*

Capacidad compresiva del concreto medida a los 28 días, expresada en megapascales.	Proporción agua/cemento según las especificaciones del ACI.	Relación a/c (ASOCRETO)
42	0.41	-
35	0.48	0.40
28	0.57	0.47
21	0.68	0.57
14	0.82	0.72

*Fuente.* Adaptado de ACI (2002).

## **Paso 5. Estimación de la cantidad de cemento requerida**

El volumen de la dosificación de cemento se obtiene al dividir el volumen de agua utilizada proyectado por la relación a/c a través de la ecuación siguiente:

$$C = \frac{a}{a/C}$$

Donde:

a: volumen estimado de agua requerido por metro cúbico de mezcla (kg/m<sup>3</sup>).

C: dosificación de cemento por cada metro cúbico de concreto (kg/m<sup>3</sup>).

a/C: Proporción elegida de agua respecto al cemento en la formulación de la mezcla.

## **Paso 6. Cálculo correspondiente a la proporción de contenido de cemento**

Cuando los agregados comparten el mismo tamaño nominal y una adecuada graduación, el concreto resultante tiende a tener buena trabajabilidad; sin embargo, también influyen factores como el módulo de finura. La tabla 4 presenta el volumen correspondiente al agregado grueso por metro cúbico de concreto; se muestra la cantidad de agregado grueso incorporado por cada metro cúbico de concreto (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

**Tabla 4**

*Cantidad correspondiente al material pétreo de mayor tamaño densamente en estado densamente consolidado presente en cada metro cúbico de concreto*

<b>Dimensión superior nominal del agregado expresada en milímetros</b>	<b>Cantidad de agregado grueso densamente compactado por metro cúbico de concreto, considerando distintos valores de módulo de finura del agregado fino</b>			
	<b>2.40</b>	<b>2.60</b>	<b>2.80</b>	<b>3.00</b>
9.5	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
19	0.66	0.64	0.62	0.59

25	0.71	0.69	0.67	0.65
37.5	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
75	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Fuente. Adaptado de ACI (2002).

### **Paso 7. Cálculo aproximado de la proporción de material granular de granulometría fina en la mezcla**

La cantidad de agregado fino se determina restando el peso de todos los componentes del concreto fresco, utilizando ya sea el método basado en peso total o el método de volumen absoluto (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

### **Paso 8. Correcciones necesarias considerando el grado de humedad presente en el material presente en los agregados**

Correspondiente al volumen de agua incorporado dentro de la dosificación del concreto requiere ser ajustado conforme a las condiciones específicas del material a ser equivalente a la absorción del agregado. Esta cantidad fluctúa en función de la humedad natural del agregado y se determina a través de la ecuación siguiente (Cordero, Cárdenas y Rojas, 2019).

$$W_M = W_D - Gx(A_G - H_G) - Fx(A_F - H_F)$$

En el cual se define:

A<sub>F</sub>: Porcentaje de absorción correspondiente al agregado fino.

A<sub>G</sub>: Porcentaje de absorción natural del agregado grueso.

F: Masa de agregado fino necesaria por metro cúbico de mezcla (expresada en kg).

G: Cantidad total de agregado grueso expresada en masa requerida por cada medida estándar de volumen de mezcla (en kilogramos).

H<sub>F</sub>: Porcentaje de humedad presente de forma natural en el agregado fino.

$H_G$ : Porcentaje de humedad presente de forma natural en el agregado grueso.

$W_D$ : Volumen estimado de agua (en kg) necesario para alcanzar un asentamiento específico.

$W_M$ : Masa total de agua que será incorporado en la formulación del concreto por unidad de volumen de concreto (kg/m<sup>3</sup>).

## 2.2.6. CONCRETO ARMADO NTP E.060

Esta Norma establece las especificaciones y demandas mínimas para el análisis, diseño, materiales, construcción, control de calidad y supervisión de estructuras de concreto armado, preeforzado y simple. Además, incluye el análisis de la resistencia de las estructuras preexistentes. (Sencico, 2019)

### Dosificación del concreto

Es necesario establecer la proporción adecuada de los componentes del concreto debe garantizar que:

- a) Se consiga la capacidad de trabajo, así como la uniformidad en la mezcla que faciliten la colocación del concreto que pueda fluir adecuadamente dentro del encofrado y entre los elementos de refuerzo en las condiciones reales de colocación, sin que se presenten fenómenos de segregación o exudación excesiva.
- b) Se consiga resistir las condiciones particulares de exposición a las que el concreto pueda estar expuesto.
- c) Se satisfagan los criterios de evaluación y aprobación del concreto.

Cuando se utilicen diferentes materiales en diferentes secciones correspondiente a un mismo proyecto constructivo, es necesario verificar las proporciones de mezcla en función de las distintas mezclas de estos (Sencico, 2019).

## **Revisión técnica y validación de la calidad del concreto aplicado**

El material cementicio empleado necesita ser muestreado, trasladado, curado y ensayado bajo condiciones estándar reguladas.

Las pruebas realizadas al concreto en estado fresco durante la ejecución de obra, así como la preparación de especímenes que deban curarse bajo condiciones propias del entorno constructivo, la elaboración de muestras para ser analizadas en laboratorio, el monitoreo térmico del concreto y demás verificaciones estándar durante su estado fresco, al momento de preparar las probetas para los ensayos de resistencia, deberán ser ejecutadas exclusivamente por personal técnico capacitado, evaluado y con certificación oficial en pruebas de campo.

Todas las evaluaciones realizadas en laboratorio deberán ser ejecutadas por técnicos especializados con formación formal, evaluación técnica y acreditación vigente. Esta preparación deberá alinearse con lo estipulado por la norma ASTM C1077-2017, el programa de certificación ACI para técnicos en pruebas de campo Grado I y/o técnicos de laboratorio en ensayos de concreto, o programas equivalentes disponibles en el contexto local (Sencico, 2019).

## **Producción del concreto**

Cada concreto generado cuando se emplean mezcladoras de capacidad reducida en obra, es indispensable asegurar una mezcla uniforme de los componentes antes de cada descarga completa, ya que la máquina debe vaciarse por completo antes de ser recargada.

El concreto premezclado debe satisfacer todas las exigencias conforme a lo establecido en la NTP 339.114:2016 o a la norma ASTM C 685M-2017 referente al concreto dosificado volumétricamente y mezclado de forma continua, donde se especifica que abarca los procedimientos de fabricación, mezclaje, distribución y supervisión con estándares aceptables de desempeño y uniformidad (Sencico, 2019).

## Protección y curado

A no ser que la Supervisión autorice el uso de métodos de protección apropiados, no se permitirá la colocación del concreto bajo precipitaciones como lluvia, nieve o granizo, ni se aceptará que el agua acumulada altere la dosificación hidráulica ni comprometa el acabado superficial del elemento.

La temperatura que presenta el concreto al momento de su colocación instalada no debe provocar problemas como rápida pérdida del nivel de asentamiento y del riesgo creciente de formación de fisuras por efectos de contracción plástica inducida por secado rápido, disminución del intervalo entre el inicio y el final del fraguado, pudiendo obstaculizar su trabajabilidad, favorecer el endurecimiento acelerado o generar juntas frías. La temperatura recomendada para el vaciado del concreto es la máxima temperatura no deberá superar los 30 °C, salvo que el Supervisor o el ente responsable disponga lo contrario mediante autorización expresa correspondiente permita un valor térmico más alto.

La observancia de establecer un valor límite en la temperatura de colocación del concreto no asegura la eliminación de fisuras por contracción plástica, a menos que se apliquen medidas preventivas como curado inmediato, sombreado, barreras contra el viento, reducción de la temperatura del material o ejecución de vaciados en horarios nocturnos en casos donde las tasas de evaporación superen los 0.5 kg/m<sup>2</sup>/hora. (Sencico, 2019).

### 2.2.7. COMPORTAMIENTO ELÁSTICO SOBRE COMPORTAMIENTO DE ELEMENTOS EXPUESTOS A ESFUERZOS FLEXIONANTES

El comportamiento elástico correspondientes a piezas estructurales que experimentan cargas de flexión se refiere a qué manera ciertos materiales o estructuras responden de manera reversible a fuerzas flexionantes sin experimentar deformaciones permanentes. En este contexto, "elástico" se refiere a la capacidad del material para recuperar su forma original después de aplicarle cargas que generan

momentos flexionantes. Cuando una viga o cualquier elemento estructural es sometido a fuerzas que inducen flexión (momentos flexionantes), experimenta deformaciones temporales, pero estas deformaciones son proporcionales a las fuerzas aplicadas. Este comportamiento es descrito por la ley de Hooke en la teoría de la elasticidad, que establece que el esfuerzo (fuerza aplicada por unidad de área) es directamente proporcional a la deformación elástica (cambio relativo de longitud). En otras palabras, durante el comportamiento elástico bajo flexión, un elemento como una viga puede doblarse y deformarse, pero al liberar las fuerzas aplicadas, la viga vuelve a su forma original sin sufrir deformaciones permanentes. Este comportamiento elástico es fundamental para el diseño estructural, ya que permite que las estructuras se deformen temporalmente bajo cargas y luego vuelvan a su forma original, garantizando así la estabilidad y la seguridad (Santa Ana, 2014).

El análisis del comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión implica el estudio de ecuaciones matemáticas que describen las relaciones entre el momento flector (la tendencia a doblarse), la fuerza cortante, la curvatura y las deformaciones en el material. Además, se consideran propiedades geométricas respecto a la geometría de la sección del elemento y las condiciones de apoyo, que influyen en el comportamiento tensional y en la deformación estructural (Linero et al., 2013).

#### **2.2.8. LEY DE HOOKE**

El principio de Hooke, base en el estudio de la elasticidad, describe una relación proporcional entre esfuerzo aplicado y deformación elástica. Esta ley es aplicable dentro de ciertos límites en elementos estructurales sometidos a flexión, la aplicación de esta ley es clave para comprender cómo los materiales reaccionan ante momentos flexionantes sin sufrir deformaciones permanentes (Riddell y Hidalgo, 1997).

Cuando aplicamos esta ley al comportamiento elástico de

elementos sometidos a flexión, consideramos el esfuerzo y la deformación a lo largo del eje longitudinal del material. En una viga sometida a flexión, el momento flector genera un esfuerzo en la parte superior e inferior de la viga, y la viga se deforma elásticamente en respuesta a este esfuerzo.

La relación de la ley de Hooke se utiliza para predecir cómo cambiará la forma de la viga bajo flexión. La proporcionalidad existente entre las tensiones aplicadas y las deformaciones resultantes significa que, en el rango elástico, la viga se doblará y deformará proporcionalmente a la magnitud del momento flector aplicado. Sin embargo, al liberar el momento flector, la viga regresará a su forma original, ya que la deformación fue elástica (Santa Ana, 2014).

#### **2.2.9. MODULO DE ELASTICIDAD**

En estructuras de concreto armado que reciben cargas de corta duración, es viable considerar una relación lineal entre esfuerzo y deformación, por lo que debe definirse un módulo de elasticidad. Sin embargo, dado que las curvas esfuerzo-deformación del concreto no siguen una línea recta, el uso del módulo de elasticidad típico empleado en acero no resulta totalmente adecuado. A pesar de ello, ante niveles de compresión moderados, equivalentes al 40% o 50% de  $f'_c$ , se puede asumir un comportamiento quasi lineal con aceptable precisión, lo cual puede resultar en errores significativos. (Otazzi, 2015)

#### **2.2.10. ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN**

Las tensiones generadas en el concreto justo después de transferir la fuerza de preesfuerzo no deben sobrepasar ciertos límites: 60% de  $f'_ci$  en la zona de compresión extrema,  $0.25 \sqrt{f'_c}$  en la fibra de tracción más alejada, y hasta  $0.50 \sqrt{f'_c}$  en las fibras traccionadas ubicadas en los extremos de elementos con apoyos simples (SENCICO, 2020)

## 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

### ➤ **Aditivos**

Se trata de productos químicos de naturaleza orgánica e inorgánica que alteran las propiedades de los concretos en estado fresco o endurecido, otorgándole alguna propiedad que este no posee y constituyen un método sencillo y económico para su fabricación. (Naranjo, 2007).

### ➤ **Agregado**

Los agregados representan la estructura granular del concreto y conforman el mayor volumen de su composición, abarcando entre el 80 % y el 90 % del peso total, por lo que influyen decisivamente en sus propiedades físicas y mecánicas (Alvarez, 2014).

### ➤ **Agregado Fino**

Material compuesto por partículas originadas de forma natural o mediante procesos artificiales, cuya distribución de tamaños debe cumplir con los criterios técnicos establecidos. Generalmente, este material pasa la malla Número 4 (4,75 mm). (Glosario MTC, 2018).

### ➤ **Agregado Grueso**

Material obtenido a partir de la desintegración natural o artificial de partículas cuya granulometría se establece por las especificaciones técnica pertinentes. Habitualmente, permanece retenido en el tamiz número 4, correspondiente a una abertura de 4.75 milímetros (Glosario MTC, 2018).

### ➤ **Agua**

El agua utilizada en la elaboración del concreto debe ser limpia, libre de compuestos orgánicos, aceites, sales, ácidos, álcalis o cualquier otro compuesto que pueda comprometer las propiedades del concreto. Generalmente, el agua apta para el consumo humano es adecuada para el concreto. La aplicación primordial en su función principal es activar la reacción química del cemento al entrar en contacto con el agua, aunque también

contribuye a mejorar la fluidez y manejabilidad del concreto (Ródenas, 2019).

➤ **Cemento**

Se trata de un material inorgánico finamente pulverizado que, al ser añadido agua, ya sea en su estado sólido o en combinación con arena, grava u otros materiales similares, posee la capacidad de fraguar y endurecer, incluso bajo el agua, debido a las reacciones químicas durante la hidratación. Una vez endurecido, conserva su resistencia y estabilidad (Cardona, 2018).

➤ **Concreto**

Se trata de un material de uso común o convencional que se fabrica a través de la combinación compuesta esencialmente por tres materiales principales fundamentales. Posteriormente, se añade un elemento adicional cuya función se denomina genéricamente como aditivo. (Montalvo, 2019)

➤ **Consistencia**

Se define según el contenido de agua presente en los materiales presente en la composición del concreto, condicionado directamente por el volumen de agua incorporado durante la dosificación (Abanto, 1997).

➤ **Densidad**

Se trata de una magnitud que se refiere a la cantidad de masa que se encuentra en un volumen específico, y puede emplearse en términos absolutos o relativos. La densidad absoluta, también denominada densidad normal, representa la masa en unidades de volumen (Glosario MTC, 2018).

➤ **Diseño de mezcla**

Las exigencias primordiales para alcanzar una dosificación adecuada en estado fresco incluyen la manejabilidad, resistencia, durabilidad y economía (Osorio, 2019).

➤ **Dosificación**

Estipula las proporciones adecuadas de los materiales constitutivos de

un concreto, con el propósito de obtener la manejabilidad, resistencia y durabilidad requeridas, o para lograr un acabado o adherencia adecuados (Construyendo.co, 2019).

➤ **Fraguado**

La reducción en la trabajabilidad que experimenta la fase cementante resultante de la mezcla entre el cemento y el agua se produce en dos fases: inicial y final (Abanto, 1997).

➤ **Granulometría**

Se refiere a la distribución de las dimensiones del agregado a través del tamizado, conforme a las especificaciones técnicas (Glosario MTC, 2018).

➤ **Humedad**

Puede manifestarse como agua líquida en materiales saturados o como vapor contenido en sus poros cuando están saturados (TecnoMagazine, 2018).

➤ **Permeabilidad**

Esta característica se les atribuye a las sustancias que tienen la capacidad de permitir que un fluido atraviese su estructura sin llegar a alterarla (González Caballero, 2004).

➤ **Polímero**

Se trata de un compuesto termoplástico que adquiere una textura maleable cuando se somete a temperaturas elevadas permitiendo así su moldeado con facilidad. Al disminuir su temperatura, retorna a su rigidez original conservando la forma adquirida; posee además características de bajo peso, es químicamente estable, no tóxico y presenta resistencia al fuego (Coplastic, 2020).

➤ **Fibras de PVC**

Se trata de un compuesto químico que se compone de la combinación

de carbono, hidrógeno y cloro. Este producto, al igual que el resto de los materiales plásticos, es el que menos depende del petróleo. Además, su composición contiene un porcentaje superior de sal común en comparación con el petróleo (Servei, 2021).

➤ **Relación agua/cemento**

Valor distintivo de mayor relevancia en la tecnología del concreto. La resistencia y la durabilidad están determinadas por ella, así como los coeficientes de retracción y flujo. Además, establece la composición interna de la pasta de cemento endurecida (Putzmeister, 2022).

➤ **Acero**

El acero es un material metálico que se caracteriza por su aleación principal, que consiste principalmente en hierro y carbono. La adición de otros elementos en proporciones específicas durante el proceso de fabricación le confiere propiedades mecánicas y físicas específicas (McCormac y Brown, 2017).

➤ **Resistencia a la fluencia**

La resistencia a la fluencia es una propiedad mecánica de los materiales que se refiere a la capacidad de un material para soportar cargas aplicadas y deformarse permanentemente de manera gradual sin fracturarse (McCormac y Brown, 2017).

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

HG: Las fibras no estructurales de PVC influyen significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

## 2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

HE1: La adición de un 0,3% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso influyen significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

HE2: La adición de un 0,5% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso influyen significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

HE3: La adición de un 0,7% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso influyen significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

## 2.5. VARIABLES

### 2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Resistencia a la flexión del concreto.

### 2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Fibras no estructurales de PVC.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 5

*Operacionalización de variables*

VARIABLE DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b> Fibras no estructurales de PVC	Los elementos fibrosos de refuerzo PVC constituyen filamentos elaborados con este polímero termoplástico. Estas fibras se utilizan ampliamente en sectores, como la construcción debido a sus propiedades físicas y químicas favorables. El PVC es un material duradero, resistente a la corrosión, liviano y fácil de manejar, característica que lo posiciona como una alternativa ampliamente utilizada en el transporte de líquidos y gases (Pérez et al., 2022)	Se pesará las fibras empleando una balanza, estas fibras tendrán dimensiones ancho 3 mm y largo 30 mm.	Peso de un 0,3% fibras no estructurales de PVC en relación con la masa del agregado grueso en condición seca. Peso de un 0,5% fibras no estructurales de PVC comparado con el peso del agregado grueso libre de humedad.	Kilogramos (Kg)	Registro técnico	Se utilizó una escala de tipo numérico continuo para la medición o de razón.
<b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b> Resistencia a la flexión del concreto $f'_c=210$ para	Según González (2017), la resistencia a la flexión del concreto alude a la habilidad del material	El ensayo de laboratorio determinará la resistencia a la flexión.	Resistencia a la flexión del concreto con un 0,3% fibras no estructurales de PVC respecto calculado a partir de la masa seca del agregado	Resistencia a la flexión del concreto ( $f'_c= kg/cm^2$ ) en el límite elástico	Registro técnico de laboratorio correspondiente al ensayo de resistencia	La herramienta de medición se fundamentó en una escala de valores

kg/cm <sup>2</sup> .	solicitudes que inducen momentos flexionantes en los elementos estructurales, tales como aquellos que se aplican sobre vigas y losas. Esta resistencia se encuentra determinada por factores tales como la relación entre agua y cemento, las propiedades de los agregados empleados y el método aplicado durante el curado	grueso.	mecánica de flexión.	escalonados o de razón.
		Resistencia a la flexión del concreto con un 0,5% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso. Comportamiento a la flexión del concreto reforzado con una dosificación del 0.7% de fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso.		

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación utilizada tiene propósitos prácticos inmediatos claramente definidos. En otras palabras, se investiga con el fin de actuar, transformar, alterar o producir modificaciones en un sector específico de la realidad (Carrasco, 2015).

##### 3.1.1. ENFOQUE

La investigación adopta una orientación basada en el análisis de datos cuantificables.

Según Hernández Sampieri, (2018), las metodologías de tipo cuantitativo permiten la determinación de las causas subyacentes de un fenómeno, lo cual requiere que el investigador establezca relaciones entre las variables.

La presente investigación es de naturaleza cuantitativa, ya que se busca determinar la variación del comportamiento flexional del concreto en función del incremento incorporan fibras no estructurales de PVC a la mezcla de concreto. Para ello, nos ajustaremos a los pasos rigurosos de la metodología de la investigación.

##### 3.1.2. ALCANCE O NIVEL

De acuerdo con Hernández S. (2018), el enfoque explicativo en investigación trasciende la mera descripción o establecimiento de relaciones entre variables, conceptos o situaciones observadas, buscando identificar las causas que los originan de diversa naturaleza.

Este estudio se clasifica dentro del nivel explicativo, dado que analizará cómo varía la resistencia a la flexión del concreto bajo determinadas condiciones cuando se incorporan fibras no estructurales de PVC a la mezcla del concreto.

### 3.1.3. DISEÑO

Se ha propuesto que se aplicará un diseño cuasi experimental, donde no se considera la aleatorización completa, por lo que se optará por grupos que presenten características comparables posible al comienzo de la investigación (Valderrama Mendoza, 2013).

La investigación se desarrollará utilizando un esquema metodológico bajo un diseño metodológico cuasi experimental, que contempla la intervención directa sobre se identificó como variable independiente la incorporación de fibras no estructurales de PVC, a fin de evaluar su influencia en la variación de la resistencia flexional del concreto. A continuación, se presenta el diseño de la investigación:

NA	G1.....X.....	O1
NA	G2.....X.....	O2
NA	G3.....X.....	O3
NA	G4....._.....	O4

En el cual se define:

NA: No presenta aleatoriedad

G1, G2, G3: Grupos experimentales con adición de 0.3%, 0.5% y 0.7% de fibras no estructurales de PVC en proporción a la masa del material pétreo utilizado grueso libre de humedad superficial.

G4: Grupo de las muestras patrón.

O1, O2, O3: Medición de la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de flexión para las muestras con adición de 0.3%, 0.5% y 0.7% de fibras no estructurales de PVC tomando como base la masa seca del agregado grueso.

O4: Evaluación de la capacidad a flexión en las probetas de referencia del concreto.

X: Modificación controlada de la variable independiente mediante la inclusión de fibras de PVC no estructurales en función de la masa seca del agregado grueso.

### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.2.1. POBLACIÓN**

El conjunto de elementos prismáticos de concreto con dimensiones de 6 por 8 pulgadas con una longitud de 18 pulgadas, incluyendo las vigas de concreto con porcentajes de fibras de PVC no estructurales. Este grupo de estudio incluirá cuatro diseños de mezcla, de los cuales uno no incluirá fibras no estructurales de PVC (0,0%), mientras que los otros tres incluirán 0,3%, 0,5% y 0,7% de fibras no estructurales de PVC. Fibras de PVC no estructurales.

Para calcular la cantidad de muestras que serán producidas para verificar la resistencia anticipada de las muestras de concreto, se tomaron en cuenta los párrafos siguientes. Los párrafos subsiguientes, obtenidos del contenido normativo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones, específicamente en la norma técnica RNE E-060.

Con el objetivo de definir las proporciones adecuadas para la mezcla las probetas de ensayo:

Para la documentación de la resistencia media, se podrán aceptar resultados de ensayo comprendidos entre un mínimo de 10 y un máximo de 30 registros experimentales sucesivos. Mínimo de 30, pero no inferior a 10 ensayos consecutivos.

Para cada combinación de ensayo, se procederá a la preparación y curación de tres muestras de ensayo correspondiente a cada intervalo de evaluación establecido según el tiempo de curado, edad de prueba.

Se adoptará como referencia la normativa técnica correspondiente ASTM192. Por lo tanto, se confirma que la población consistirá en 180

vigas de concreto de 6' x 8'.

### 3.2.2. MUESTRA

Las muestras seleccionadas mediante un enfoque no probabilístico —también denominado dirigido— se basan en criterios vinculados a los objetivos específicos del estudio, sin aplicar principios estadísticos de generalización. En este tipo de muestreo, la elección de las unidades no obedece a fórmulas aleatorias, sino que responde a decisiones fundamentadas del investigador. Según Johnson, H. Sampieri y Battaglia (2008), se opta por unidades representativas del fenómeno analizado, sin pretensión de representar numéricamente a una población definida.

El proceso de muestreo adoptado corresponde al tipo no probabilístico, en el cual la elección de los elementos se realiza conforme al juicio profesional del investigador, respaldado por su experiencia y el enfoque de la investigación de otros estudios o en las sugerencias de las bibliografías de investigación. La muestra comprenderá 60 vigas, tal como se especifica en la Tabla 7.

**Tabla 6**

*Requisitos mínimos de tamaño muestral en función del tipo o nivel de investigación desarrollado*

TIPO DE ESTUDIO	TAMAÑO MÍNIMO DE MUESTRA
Transeccional descriptivo o correlacional	un mínimo de 30 unidades muestrales por cada categoría o subgrupo considerado dentro del universo de estudio completo.
Encuesta a gran escala	Se asignaron 180 observaciones al grupo principal del estudio, mientras que los subgrupos secundarios fueron representados por entre 20 y 50 unidades, según su grado de importancia.
Causal	un mínimo de 15 observaciones por cada una de las variables independientes consideradas.
Experimental o cuasiexperimental	15 por grupo.

*Fuente.* (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2010, pág. 189).

**Tabla 7***Detalle específico del conjunto muestral elegido para la presente investigación*

<b>CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES MUESTRALES</b>	<b>CANTIDAD TOTAL DE UNIDADES EXPERIMENTALES</b>
Vigas patrón de concreto sin adición de fibras	15
Vigas de concreto con 0,3% de fibras no estructurales de PVC.	15
Vigas de concreto con 0,5% de fibras no estructurales de PVC.	15
Vigas de concreto con 0,7% de fibras no estructurales de PVC.	15
<b>TOTAL=</b>	<b>60</b>

### **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

En esta investigación se aplican estrategias de recolección de datos como la observación directa, permitiendo obtener información confiable sobre las variables consideradas. Asimismo, se recurren a procedimientos de laboratorio en aquellos casos que demandan el uso de equipamiento técnico especializado para la obtención de resultados. Se utilizarán los documentos en obra, se registrará la proporción de fibras de PVC no estructurales que se integran a la mezcla de concreto mediante fichas de control técnico, así como los documentos de laboratorio para documentar los resultados registrados durante los ensayos de flexión aplicadas a los elementos estructurales.

### **3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

El análisis de los datos recolectados se llevará a cabo mediante la aplicación tanto de la estadística descriptiva como en el marco de la estadística inferencial. Para el tratamiento de datos descriptivos se utilizará Microsoft Excel, y para el análisis inferencial se recurrirá al software estadístico SPSS. La V27 ofrecerá respuestas a las hipótesis planteadas en el estudio.

## CAPÍTULO IV

# RESULTADOS

### 4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

#### 4.1.1. DISEÑO DE MEZCLA

Diseño en mezclas de concreto con resistencia especificada de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , tanto como sin adición de fibras.

**Tabla 8**

*Resumen de las características físico-mecánicas de los materiales empleados en la elaboración de los diseños de mezcla*

Tipo I: CEMENTO TIPO I		Temp. ambiente	
Cemento	Marca comercial: Andino	-	-
	Gravedad específica	3.17gr/cm3	Promedio
Agua	Verificación de pH	7	Neutro
	Masa volumétrica	1000gr/cm3	A temperatura 23°C
	Partículas activas	NP	No presenta
Descripción		Agregado Grueso	Agregado Fino
		Agregado PVC	
	Granulometría máx.	1.5"	
	Granulometría nom. máx.	1"	
Agregados	Densidad compactada	1566.00 kg/m3	1539.00 kg/m3
	Densidad suelta	1410.00 kg/m3	1331.00 kg/m3
	Densidad total	2663.33 kg/m3	2533.65 kg/m3
	Gravedad seca	2.67	2.54
	Índice de fineza	7.150	2.700
	Retención hídrica	1.27%	2.61%
	Contenido húmedo	0.23%	4.37%
	Nivel ácido/base	6.30	6.33
	Equivalencia de arena:	-	98.00%

La tabla 8 presenta las propiedades relevantes de los insumos utilizados que forman parte del diseño de mezcla realizado.

- **Diseño: mezcla diseñada para capacidad mecánica especificada de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , sin aditamento de fibras de PVC PVC.**

**Tabla 9**

*Proporciones de los componentes en una mezcla de concreto sin adición de fibras de PVC*

DOSIFICACIÓN	Masa (kg/m3)	Relación	Masa por bolsa	Volumen por bolsa
<b>Cemento</b>	345.00	1.00	42.50	1.00
<b>Agregado Fino</b>	686.00	2.00	84.00	2.00
<b>Agregado Grueso</b>	1154.00	3.30	142.00	3.40
<b>Agua</b>	112.00	0.30	13.80 lt	13.80 lt

En la tabla 9 se detalla la composición de la mezcla diseñada para alcanzar una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  sin adicionar fibras de PVC.

**Tabla 10**

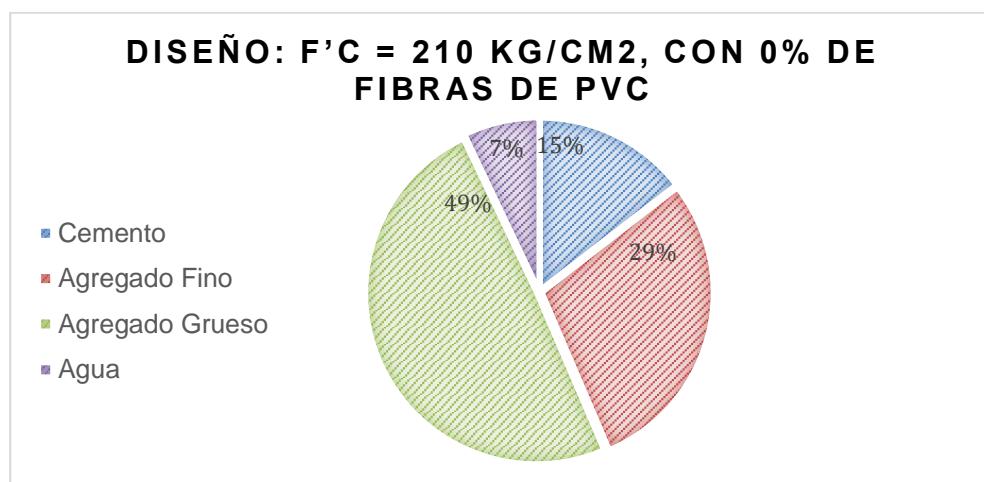
*Dosificación detallada para un diseño de concreto con 0% de fibras de PVC*

Secuencia de proporciones	Componentes por tipo
<b>Relación húmeda en masa (por kg)</b>	1.00: 2.00: 3.30: 0.30
<b>Proporción por tanda (por cada 1 bolsa de cemento, 42.50 kilos)</b>	42.50: 84.00: 142.00: 13.80 lt
<b>Proporción volumétrica (por cada 1 pie3 de cemento, 1 bolsa)</b>	1 pie3: 2 pie3: 3.4 pie3: 13.80 lt

Proporciona una dosificación minuciosa en términos Proporciones en masa, por tanda y por volumen para un diseño sin fibras de PVC.

**Gráfico 1**

*Distribución de materiales para un diseño de concreto con 0% de fibras de PVC*



➤ **Diseño:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con 0.3% de fibras de PVC.**

**Tabla 11**

*Proporciones para mezcla con 0.3% de fibras de PVC*

Mezcla	Masa (kg/m <sup>3</sup> )	Relación	PESO (kg/bolsa)	VOLUMEN (pie <sup>3</sup> /bolsa)
<b>Cemento</b>	343.965	0.997	42.37	0.997
<b>Fibra de PVC</b>	1.035	0.003	0.13	0.003
<b>Agregado Fino</b>	658.00	1.90	81.00	1.90
<b>Agregado Grueso</b>	1148.00	3.30	141.00	3.30
<b>Agua</b>	112.00	0.30	14.60 lt	14.60 lt

La tabla 11 ilustra la dosificación con resistencia nominal de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando un 0.3% de fibras de PVC, del total correspondiente al agregado grueso.

**Tabla 12**

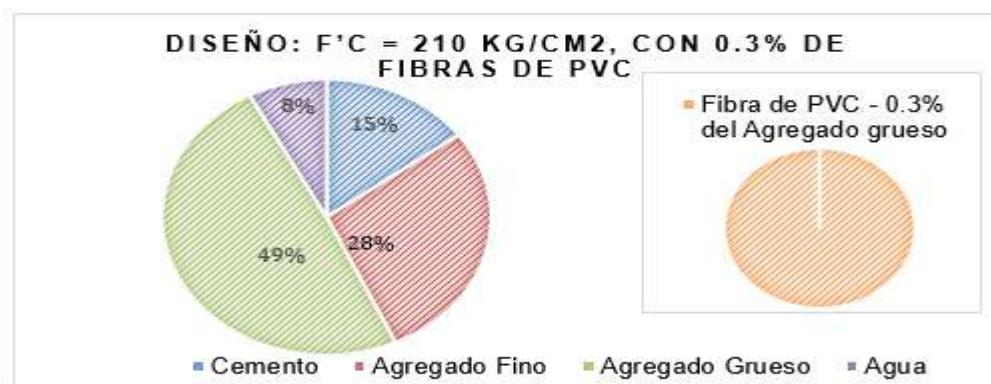
*Dosificación detallada aplicado en el concreto elaborado con la inclusión de 0.3% de fibras de PVC*

Orden de las proporciones	Cemento: Fibra PVC : Ag. Fino: Ag. Grueso: Agua
<b>Relación en estado húmedo por unidad de masa de cemento (kg) por mezcla estándar (equivalente a una bolsa de cemento, 42.50 kilos)</b>	0.997 : 0.003 : 1.90 : 3.30 : 0.30 42.37 : 0.13 : 84.00 : 142.00 : 14.60 lt
<b>Proporción volumétrica</b> (por cada 1 pie <sup>3</sup> de cemento, 1 bolsa)	0.997 pie <sup>3</sup> : 0.003 pie <sup>3</sup> : 1.9 pie <sup>3</sup> : 3.3 pie <sup>3</sup> : 14.60 lt

Presenta la dosificación detallada de los materiales, expresada en base a peso, por mezcla y por volumen, correspondiente a un diseño con 0.3 % de fibra de PVC en proporción al total del agregado grueso.

**Gráfico 2**

*Asignación de materiales utilizados en la formulación del concreto con 0.3 % de fibra de PVC*



➤ **Diseño:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con 0.5% de fibras de PVC.**

**Tabla 13**

*Proporciones de insumos para la elaboración de un diseño de mezcla con 0.5% de fibras de PVC*

DOSIFICACIÓN	PESO (kg/m <sup>3</sup> )	RELACIÓN ENTRE INSUMOS	MASA CORRESPONDIENTE POR UNIDAD DE BOLSA	VOLUMEN APORTADO POR CADA BOLSA
<b>Cemento</b>	343.275	0.995	42.29	0.995
<b>Fibra de PVC</b>	1.725	0.005	0.21	0.005
<b>Agregado Fino</b>	658.00	1.90	81.00	1.90
<b>Agregado Grueso</b>	1148.00	3.30	141.00	3.30
<b>Agua</b>	112.00	0.30	14.60 lt	14.60 lt

La tabla 13 ilustra la cantidad proporcional de materiales en el diseño diseñada para alcanzar un valor específico de capacidad compresiva  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  adicionando un 0.5% de fibras de PVC, del total correspondiente al contenido de agregado grueso.

**Tabla 14**

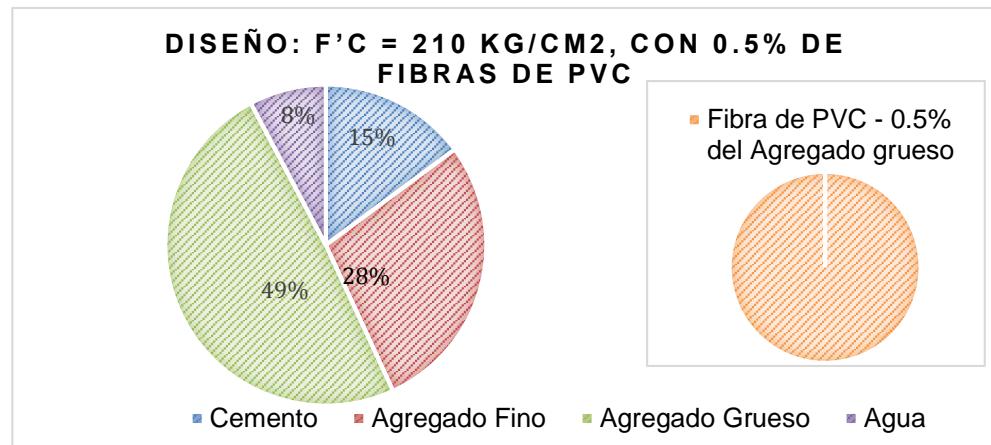
*Dosificación detallada para un diseño de concreto con 0.5% de fibras de PVC*

secuencia establecida de dosificación	Cemento: Fibra PVC : Ag. Fino: Ag. Grueso: Agua
<b>Dosificación en masa húmeda por kilogramo de cemento</b>	0.995 : 0.005 : 1.90 : 3.30 : 0.30
<b>Relación por unidad de mezcla basada en una bolsa de cemento (42.50 kilos)</b>	42.29 : 0.21 : 81.00 : 141.00 : 14.60 lt
<b>Proporción volumétrica</b> (por cada 1 pie <sup>3</sup> de cemento, 1 bolsa)	0.995 pie <sup>3</sup> : 0.005 pie <sup>3</sup> : 1.9 pie <sup>3</sup> : 3.3 pie <sup>3</sup> : 14.60 lt

Se detalla la dosificación correspondiente a los insumos empleados utilizados en un diseño que incluye 0.3 % de fibra de PVC, expresada en términos de peso, por mezcla estándar y por volumen, en relación con el agregado grueso total.

**Gráfico 3**

Asignación proporcional de componentes para una mezcla de concreto con incorporación del 0.5 % de fibras de PVC



➤ **Diseño:  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , con 0.7% de fibras de PVC.**

**Tabla 15**

Proporción de insumos utilizados dentro de un diseño que incorpora 0.7 % de fibras de PVC

DOSIFICACIÓN	PESO (kg/m <sup>3</sup> )	PROPORCIÓN	PESO (kg/bolsa)	VOLUMEN (pie <sup>3</sup> /bolsa)
<b>Cemento</b>	342.585	0.993	42.20	0.993
<b>Fibra de PVC</b>	2.415	0.007	0.30	0.007
<b>Agregado Fino</b>	658.00	1.90	81.00	1.90
<b>Agregado Grueso</b>	1148.00	3.30	141.00	3.30
<b>Agua</b>	112.00	0.30	14.60 lt	14.60 lt

La tabla 15 ilustra la dosificación correspondiente al diseño de mezcla proyectado para una resistencia de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ , incorporando un 0.5 % de fibras de PVC en proporción al total del agregado grueso.

**Tabla 16**

Dosificación detallada aplicado a una mezcla de concreto que contiene 0.7% de fibras de PVC

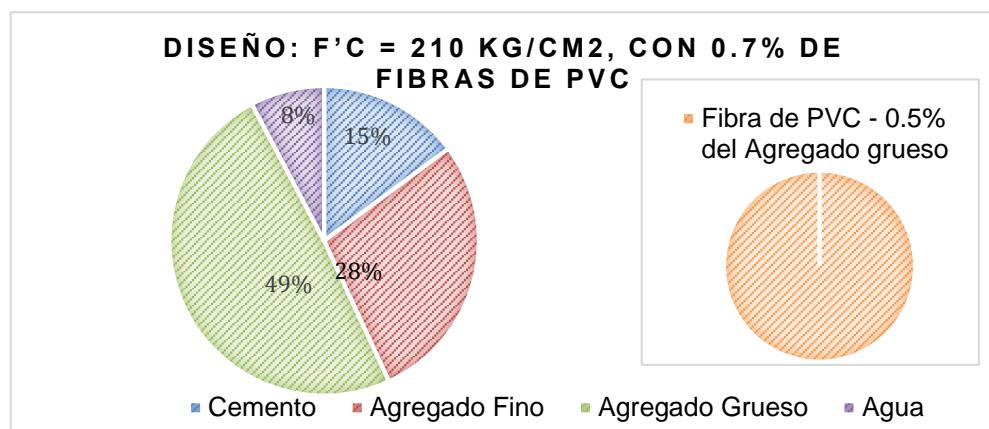
Orden de las proporciones	Cemento: Fibra PVC : Ag. Fino: Ag. Grueso: Agua
<b>relación de masa en estado húmedo</b> (por cada kilo de cemento)	0.993 : 0.007 : 1.90 : 3.30 : 0.30
<b>Proporción por unidad de mezcla estándar</b> (por cada 1 bolsa de cemento, 42.50 kilos)	42.20 : 0.30 : 81.00 : 141.00 : 14.60 lt

<b>Proporción volumétrica</b> (por cada 1 pie3 : 0.997 pie3 : 0.003 pie3 : 1.9 pie3 : 3.3 pie3 pie3 de cemento, 1 bolsa) : 14.60 lt
--

Presenta la dosificación específica de los materiales empleados, expresada en peso, por mezcla estándar y en volumen, correspondiente a un diseño con 0.7 % de fibra de PVC respecto al total del agregado grueso.

#### Gráfico 4

Asignación proporcional de materiales dentro de una formulación de concreto que incorpora 0.7% de fibras de PVC



#### 4.1.2. ENSAYO DE FLEXIÓN A LAS VIGAS DE CONCRETO

- **Prueba de resistencia flexional aplicada a elementos tipo viga para el diseño con 0.0% de fibra de PVC**

Tabla 17

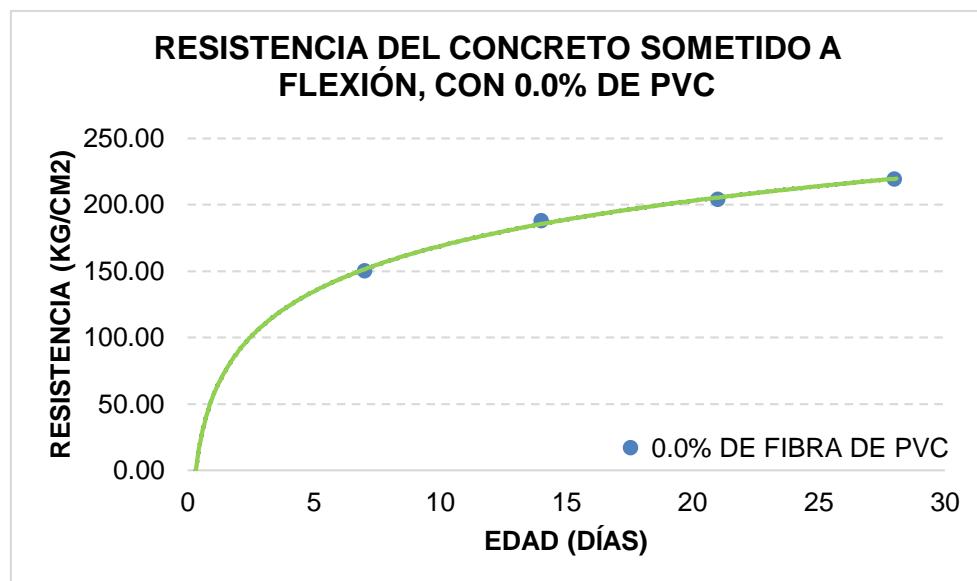
Intervalo de resistencia de concreto con 0.0% de fibras de PVC, sometidos a flexión

% de fibra de PVC	Edad (días)	Resistencia (Kg/cm2)
0.0%	7	$149.78 \leq \alpha \leq 151.11$
	14	$187.66 \leq \alpha \leq 189.66$
	21	$201.79 \leq \alpha \leq 206.20$
	28	$215.13 \leq \alpha \leq 220.47$

Muestra los rangos de resistencia obtenidos encontrados en el promedio de 15 muestras de vigas a escala con 0.00% de fibra de PVC (estos son representados por alfa, “ $\alpha$ ”). Los ensayos se practicaron a los 7, 14, 21 y 28 días.

**Gráfico 5**

*Evolución de correspondiente al comportamiento a flexión del concreto evaluado, sin adicionar fibra de PVC.*



### **INTERPRETACIÓN**

Representa la relación entre los valores de resistencia del concreto sometido a la flexión y el incremento de la misma durante una línea temporal de días 7, 14 y 21 (para vigas de concreto elaboradas con un porcentaje de 0.0% de fibras de PVC). De lo mencionado, a los 28 días se obtuvo una resistencia entre  $215.13 \leq \alpha \leq 220.47$  kg/cm<sup>2</sup>.

- **Ensayo de flexión correspondiente al elemento estructural tipo viga de concreto para el diseño con 0.3% de fibra de PVC**

**Tabla 18**

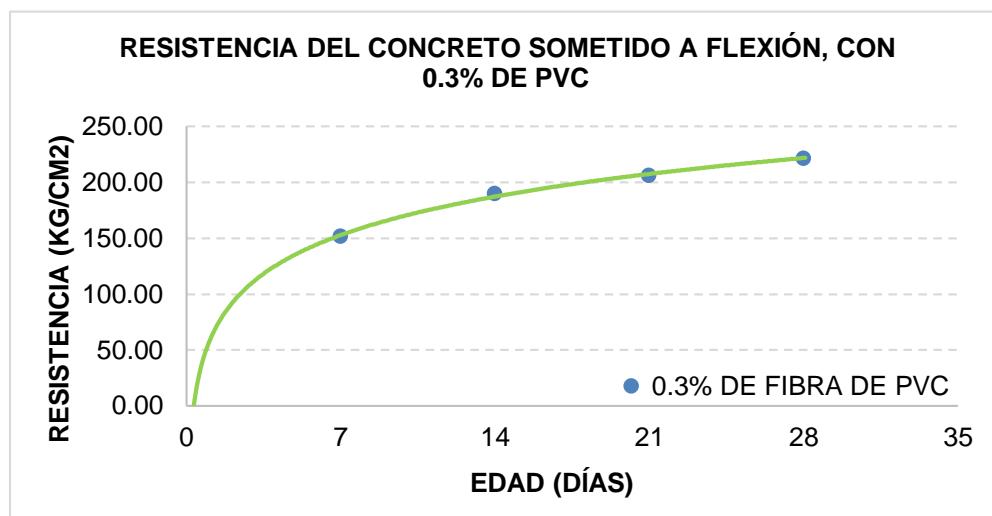
*Intervalo de resistencia de concreto con 0.3% de fibras de PVC, sometidos a flexión*

% de fibra de PVC	Edad (días)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.3%	7	$151.28 \leq \alpha \leq 152.62$
	14	$189.54 \leq \alpha \leq 191.56$
	21	$203.81 \leq \alpha \leq 208.26$
	28	$218.36 \leq \alpha \leq 222.67$

En la Tabla se presentan los rangos de resistencia obtenidos encontrados en el promedio de 15 muestras de vigas a escala con 0.3% de fibra de PVC (estos son representados por alfa, “ $\alpha$ ”). Los ensayos se practicaron a los 7, 14, 21 y 28 días.

#### Gráfico 6

Comportamiento progresivo de la resistencia a flexión del concreto con una incorporación del 0.3 % de fibras de PVC



#### INTERPRETACIÓN

Representa la relación existente entre los valores de resistencia del concreto sometido a la flexión y el incremento de la misma a lo largo de una secuencia temporal de días 7, 14 y 21 (elaboradas con una proporción expresada en términos relativos de 0.5% de fibras de PVC). De lo mencionado, a los 28 días se obtuvo una resistencia entre  $218.36 \leq \alpha \leq 222.67$  kg/cm<sup>2</sup>.

#### ➤ Ensayo de flexión a la viga de concreto para el diseño con 0.5% de fibra de PVC

Tabla 19

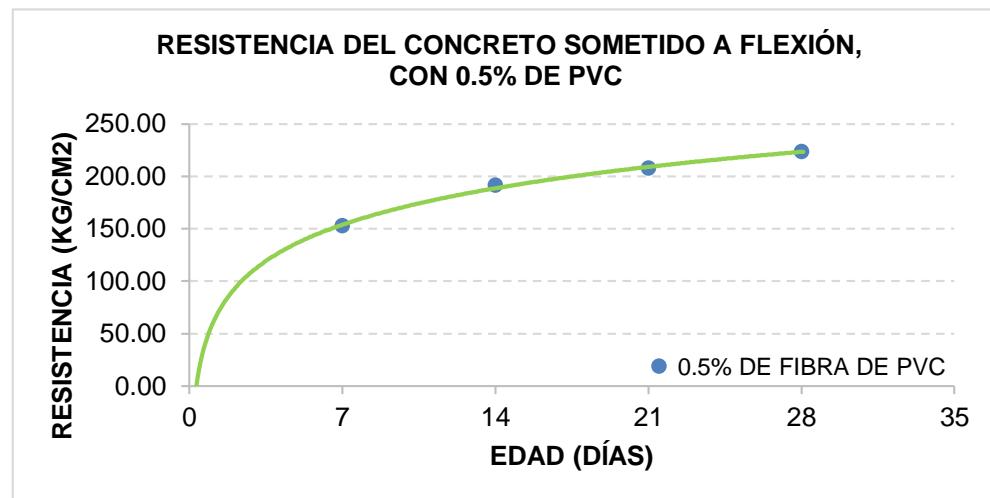
Intervalo de resistencia de concreto con 0.5% de fibras de PVC, sometidos a flexión

% de fibra de PVC	Edad (días)	Resistencia (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.5%	7	152.40 ≤ α ≤ 153.75
	14	190.94 ≤ α ≤ 192.98
	21	205.32 ≤ α ≤ 209.81
	28	220.51 ≤ α ≤ 224.33

Muestra los distintos rangos de resistencia registrados encontrados en el promedio de 15 muestras de vigas a escala con 0.5% de fibra de PVC (estos son representados por alfa, “ $\alpha$ ”). Los ensayos se practicaron a los 7, 14, 21 y 28 días.

Gráfico 7

*Evolución respecto a la capacidad a flexión del concreto al incorporar 0.5% de fibras de PVC*



### INTERPRETACIÓN

Se observa la asociación entre los niveles de resistencia del concreto sometido a la flexión y el incremento de la misma en el transcurso de una secuencia definida temporal de días (7, 14, 21 y 28), para vigas de concreto elaboradas con un valor porcentual de 0.5% de fibras de PVC. De lo mencionado, a los 28 días se obtuvo una resistencia entre  $220.51 \leq \alpha \leq 224.33$  kg/cm<sup>2</sup>.

➤ **Ensayo de flexión a la viga de concreto para el diseño con 0.7% de fibra de PVC**

Tabla 20

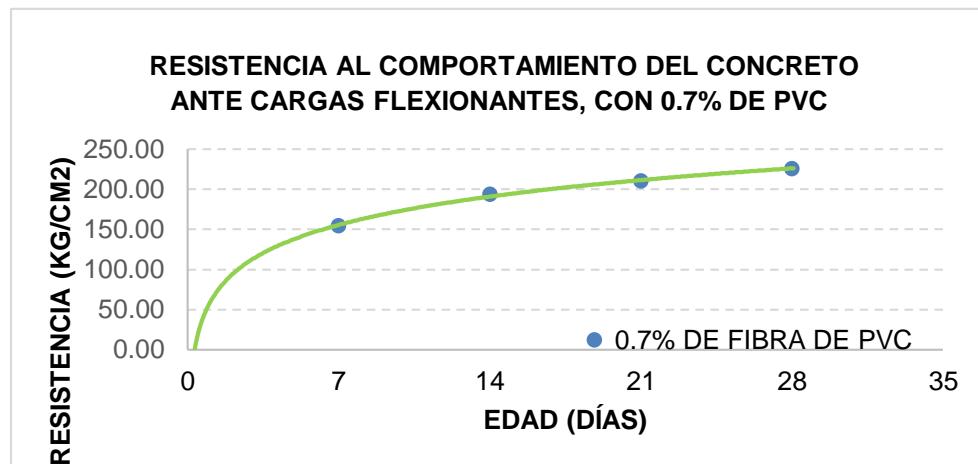
*Intervalo de resistencia de concreto con 0.7% de fibras de PVC, sometidos a flexión*

% de fibra de PVC	Edad (días)	Resistencia (Kg/cm2)
0.7%	7	$154.27 \leq \alpha \leq 154.89$
	14	$193.29 \leq \alpha \leq 194.40$
	21	$208.37 \leq \alpha \leq 212.39$
	28	$222.66 \leq \alpha \leq 227.08$

Detalla los intervalos correspondientes a los valores de resistencia encontrados en el promedio de 15 muestras de vigas a escala con 0.7% de fibra de PVC (estos son representados por alfa, “ $\alpha$ ”). Los ensayos se practicaron a los 7, 14, 21 y 28 días.

**Gráfico 8**

*Evolución de la resistencia del concreto sometido a flexión, adicionando 0.7% de fibras de PVC*



### **INTERPRETACIÓN**

Muestra la relación entre la resistencia obtenida del concreto sometido a la flexión y el incremento de la misma a lo largo de un periodo continuo de días, para vigas de concreto elaboradas con una proporción correspondiente a 0.7% de fibras de PVC. De lo mencionado, a los 28 días se obtuvo una resistencia entre  $222.66 \leq \alpha \leq 227.08$  kg/cm<sup>2</sup>.

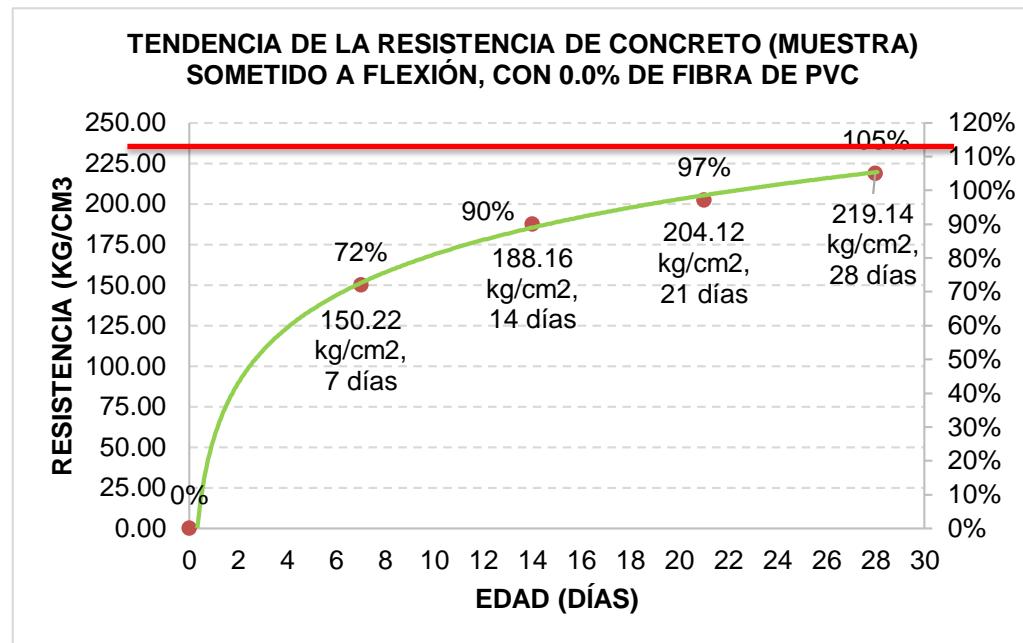
#### **➤ 4.1.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA DE LAS VIGAS SOMETIDAS A FLEXIÓN CON Y SIN PRESENCIA DE FIBRA DE PVC, CONSIDERANDO LOS DISTINTOS PORCENTAJES**

Es importante destacar que el diseño principal, excluyendo fibras de PVC o denominado con un 0.0% de fibra de PVC, se ha desarrollado correspondiente a una capacidad estructural medida especificada de  $f'_c = 210$  kg/cm<sup>2</sup>. No obstante, x| evidencia en la Tabla 12, los resultados de las pruebas resultaron ser favorables, incluso superando la resistencia teórica propuesta en aproximadamente 10 kg/cm<sup>2</sup>. En consecuencia, se realizará una evaluación comparativa para determinar la funcionalidad o inoperatividad de alguna de las propuestas de porcentajes (0.3%, 0.5% o 0.7%). La realización de este análisis se fundamentará en los resultados experimentales obtenidos en campo, en contraste con los

valores proyectados teóricamente derivados de la fractura de las vigas de concreto con un 0.0% de fibra de PVC.

**Gráfico 9**

*Desarrollo progresivo respecto al comportamiento a flexión de la mezcla de referencia, considerando 0.0% de fibras de PVC.*



El gráfico 9 ilustra la respuesta estructural a flexión observada en el diseño base, formulado con el objetivo de lograr una resistencia específica de 210 kg/cm<sup>2</sup>.

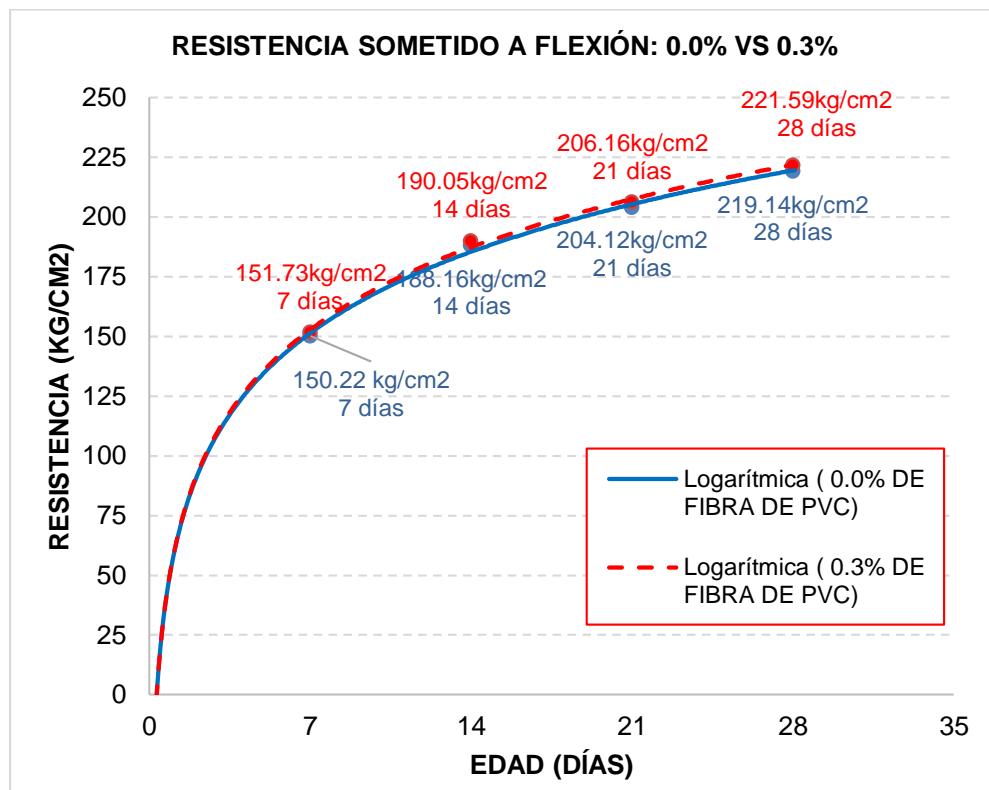
- ✓ A los siete días, logró alcanzar el 72% de la resistencia anticipada, con una capacidad de 150.22 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ A los catorce días, logró alcanzar el 90% de la resistencia anticipada, con una capacidad de 188.16 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Tras un período de 21 días, logró alcanzar el 97% de la resistencia esperada, con una capacidad de 204.12 kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ Tras un período de 28 días, logró alcanzar el 105% de la resistencia esperada, con una capacidad de 219.14 kg/cm<sup>2</sup>.

Por lo tanto, se llevarán a cabo las comparaciones a partir de esta curva.

➤ **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA SOMETIDA A FLEXIÓN: 0.0% DE FIBRA DE PVC VS 0.3% DE FIBRA PVC.**

**Gráfico 10**

*Comparación técnica de resistencias sometidas a flexión de 0.0% VS 0.3% de fibra de PVC*



**INTERPRETACIÓN**

Se graficaron curvas de tendencia logarítmica que relacionan los valores de resistencia a flexión obtenidos ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) con el periodo durante el periodo de curado del concreto (en días), correspondientes a las mezclas con 0.0 % de fibras de PVC (línea azul punteada) y 0.3 % de fibras de PVC (línea roja continua). En relación a estas curvas, podemos afirmar lo siguiente:

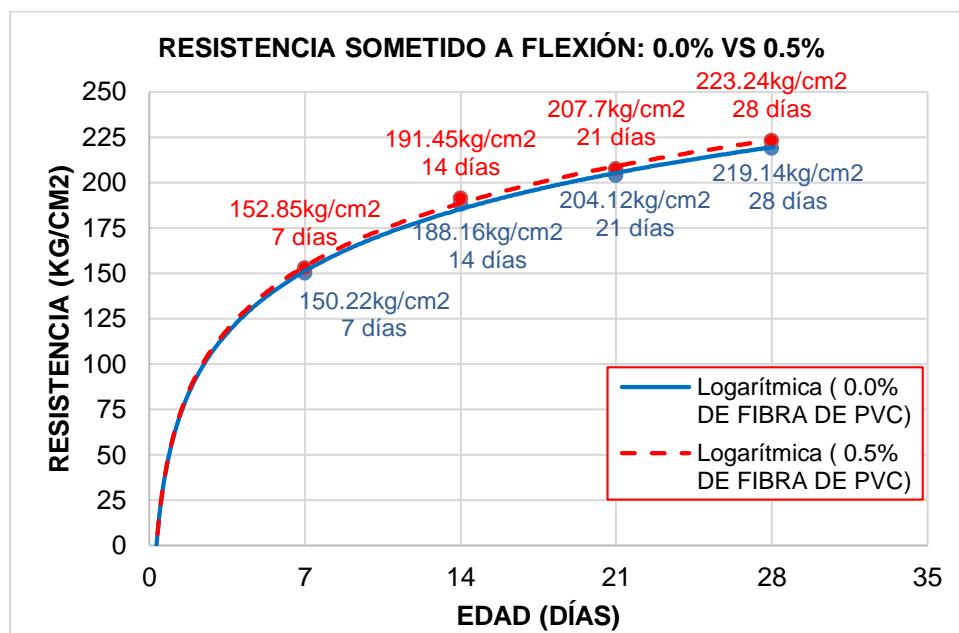
Aunque es cierto que ambos diseños se aproximan en términos de resistencia a los 28 días, el de 0.3% de fibras de PVC puede igualar o superar al de 0.0%. Este fenómeno es atribuible a que el tipo 0.0% presenta un registrado de valor medio de resistencia de  $219.14 \text{ kg}/\text{cm}^2$  para el concreto sin fibras, frente a los  $221.59 \text{ kg}/\text{cm}^2$  alcanzados por la

mezcla con 0.3 % de fibras de PVC, ambos medidos al día 28. En consecuencia, se llega a la conclusión siguiente: Un diseño que integra 0.3% de fibra de PVC en el diseño SI consigue lograr el nivel de resistencia a flexión alcanzado por la mezcla base sin adición de fibras de PVC, evaluado a los 28 días de curado.

➤ **COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD RESISTENTE SOMETIDO A FLEXIÓN: 0.0% DE FIBRA DE PVC VS 0.5% DE FIBRA PVC.**

**Gráfico 11**

*Comparativa de resistencias sometidas a flexión de 0.0% VS 0.5% de fibra de PVC*



**INTERPRETACIÓN**

El Gráfico 11 muestra las curvas de tendencia logarítmica obtenidas al relacionar la capacidad compresiva registrada ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) con la duración del proceso de curado, correspondientes a las mezclas sin fibras de PVC (línea azul punteada) y a aquellas con 0.5 % de fibra de PVC (línea roja continua). De estas curvas se puede enunciar lo siguiente:

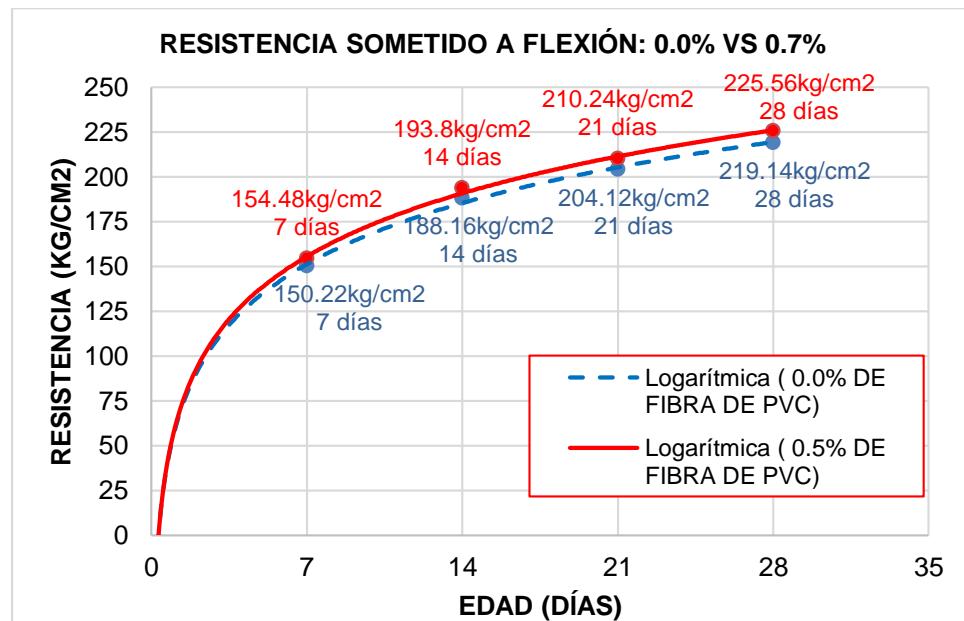
Aunque es cierto que ambos diseños se aproximan en términos de resistencia a los 28 días, el de 0.5% de fibras de PVC puede igualar o superar al de 0.0%. Este fenómeno se justifica debido a que el tipo 0.0%

presenta una resistencia promedio de 219.14 kg/cm<sup>2</sup>, mientras indicando que dicho elemento tipo 0.5% exhibe un nivel de resistencia promedio de 223.24 kg/cm<sup>2</sup>, ambos datos a los 28 días. En consecuencia, se alcanza un valor de la conclusión siguiente: Un diseño que integra un 0.5% de fibra de PVC en su diseño si consigue lograr la capacidad a flexión en una mezcla de referencia sin el uso de fibras añadidas fibra de PVC, tras 28 días de implementación.

➤ **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN: 0.0% DE FIBRA DE PVC VS 0.7% DE FIBRA PVC.**

**Gráfico 12**

*Comparación técnica de resistencias sometidas a flexión de 0.0% VS 0.7% de fibra de PVC*



**INTERPRETACIÓN**

El Gráfico 12 presenta curvas logarítmicas de tendencia que vinculan el valor obtenido de resistencia a compresión (kg/cm<sup>2</sup>) con el tiempo de curado, correspondientes a mezclas con 0.0 % de fibras de PVC (línea negra punteada) y 0.7 % de fibras de PVC (línea roja continua). Aunque es cierto que ambos diseños, el de 0.7% de fibras de PVC, no alcanza a igualar o superar al de 0.0%. Esto se debe a que la mezcla sin fibras presentó un valor medio de resistencia correspondiente

a 219.14 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que la variante con 0.7 % de fibras alcanzó un promedio de 225.65 kg/cm<sup>2</sup>, ambos evaluados al día 28. En consecuencia, se infiere que un diseño que incorpora 0.7% de fibra de PVC al diseño SI consigue lograr los valores de resistencia flexional de la mezcla de referencia

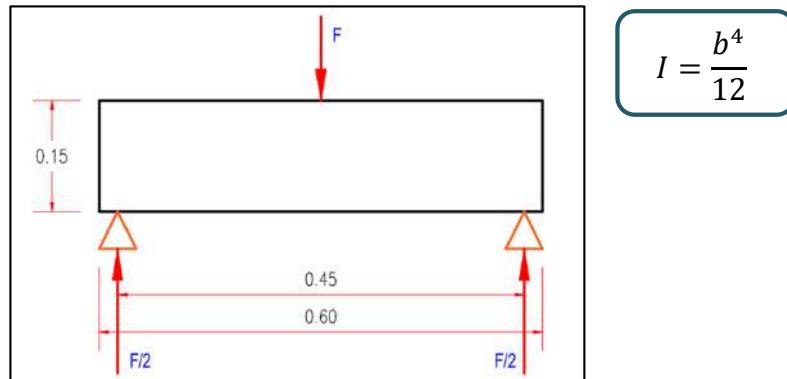
En los gráficos 10, 11 y 12 representan la tendencia logarítmica que describe el comportamiento de la resistencia luego del estudio realizado, dio un resultado funcional. Los diseños donde se añadió 0.3%, 0.5% y 0.7% de fibra de PVC superan al diseño base sin incorporación de fibra de PVC en 2.45 kg/cm<sup>2</sup>, 4.10 kg/cm<sup>2</sup> y 6.42 kg/cm<sup>2</sup>, a los 28 días respectivamente.

#### 4.1.4. VERIFICACIÓN DE RESULTADOS, GABINETE VS LABORATORIO

Los ensayos de las probetas (vigas), se realizaron cuando el diseño contiene 0.0%, 0.3%, 0.5% y 0.7% de fibras de PVC no estructural.

**Gráfico 13**

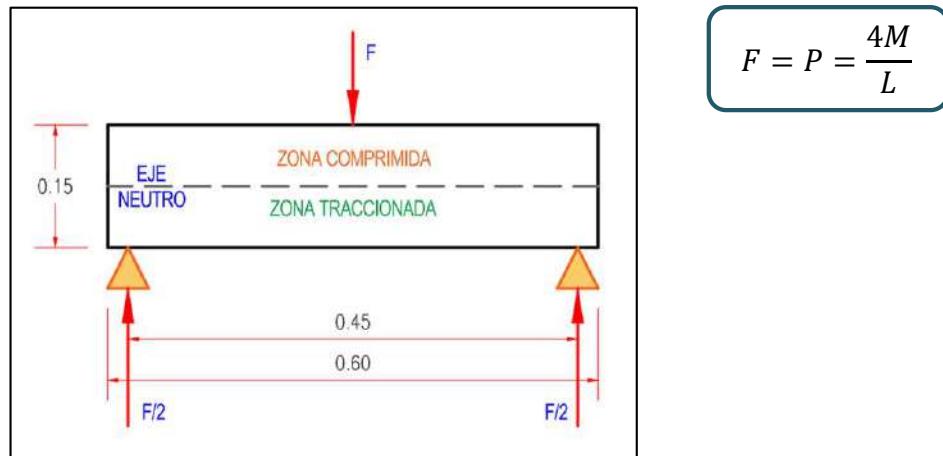
*Viga simplemente apoyada*



Se realizará una evaluación detallada de la viga simplemente apoyada, la viga de concreto mide 15cm x 15cm x 60cm.

**Gráfico 14**

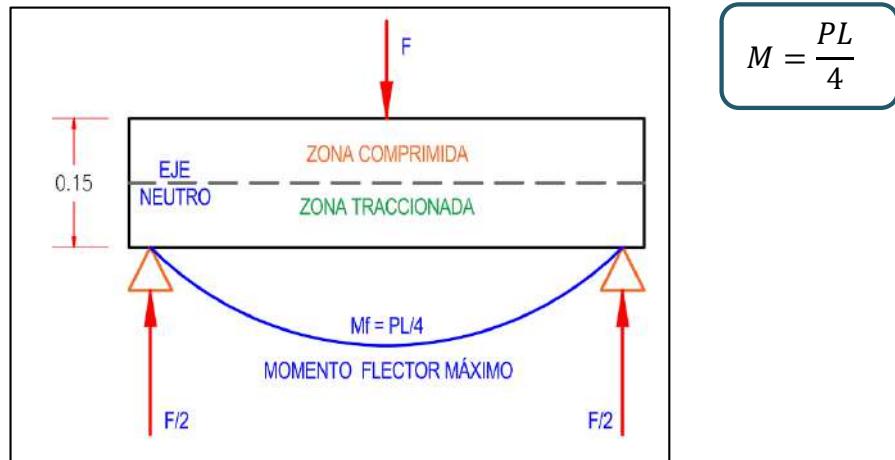
*Zona comprimida y traccionada de la viga*



En el gráfico 6 identifica la zona comprimida y traccionada de la viga en análisis.

**Gráfico 15**

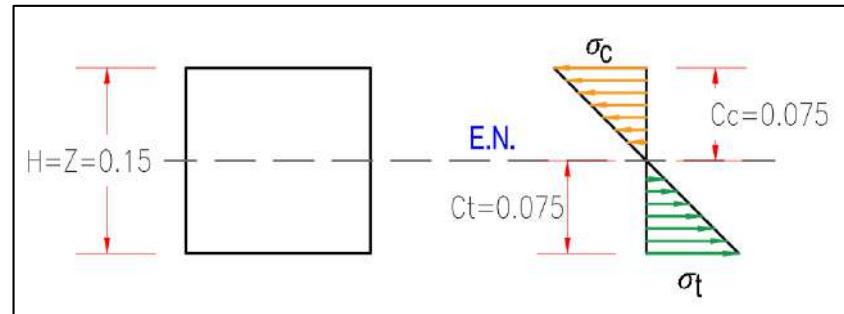
*Momento Máximo Flector*



El momento máximo flector en una viga nos indicará donde es más probable que la viga se rompa por flexión.

**Gráfico 16**

*Esfuerzo en el concreto*



En la figura 8 se muestra el análisis del esfuerzo en el concreto, tanto el esfuerzo cortante y esfuerzo de tracción.

Del gráfico 5,6,7 y 8, se generan las siguientes fórmulas:

$$\sigma_c = \frac{M * Cc}{I}$$

$$f_{cc} = \frac{M * Cc}{I}$$

$$P_c = \frac{f_{cc} * I * 4}{Cc * L}$$

$$\sigma_t = \frac{M * Ct}{I}$$

$$f_{ct} = \frac{M * Ct}{I}$$

$$P_t = \frac{f_{ct} * I * 4}{Ct * L}$$

Considerando el esfuerzo en el concreto, en estado elástico no agrietado:

Tracción  $\rightarrow f_{ct} \leq 2\sqrt{f'c} (kg/cm^2)$

Compresión  $\rightarrow f_{cc} \leq 0.45f'c (kg/cm^2)$

Donde:

M: Momento flector máximo.

P = F: Fuerza, carga que soporta la viga.

L: Dimensión longitudinal del elemento tipo viga (de apoyo a apoyo)

$\sigma_c$ : Esfuerzo a la compresión.

$\sigma_t$ : Esfuerzo a la tracción.

Cc: Distancia de la zona comprimida.

C<sub>t</sub>: Distancia de la zona traccionada.

H = Z: Altura de la viga.

E.N.: Eje Neutro.

f<sub>ct</sub>: Esfuerzo a tracción del concreto en estado elástico no agrietado.

f<sub>cc</sub>: Esfuerzo a compresión del concreto en estado elástico no agrietado.

I: Momento de Inercia.

En todos los casos se deben realizar la verificación por tracción, donde:

$$f_{cc} \leq 0.45f'_c \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$f_{cc} \leq 94.50 \text{ kg/cm}^2$$

Momento de Inercia de un cuadrado:

$$I = b^4/12$$

$$I = 4218.75 \text{ cm}^4$$

De estos datos se obtendrán los resultados de gabinete, que serán comparados con los resultados del laboratorio.

**Tabla 21**

*Resultados de la verificación por tracción, laboratorio*

<b>Resultados cuando se presentan grietas en la viga - Verificación por tracción</b>				
Días	P	P (0.3%)	P (0.5%)	P (0.7%)
7 días	4,610.00	4,656.00	4,691.00	4,748.00
14 días	5,775.00	5,833.00	5,882.00	5,948.00
21 días	6,277.00	6,340.00	6,387.00	6,446.00
28 días	6,700.00	6,770.00	6,849.00	6,927.00

**Tabla 22**

*Resumen de resultados de gabinete vs laboratorio*

<b>Resultados cuando se presentan grietas en la viga - Verificación por tracción</b>				
Días	P	P (0.3%)	P (0.5%)	P (0.7%)
<b>Resultados en gabinete</b>				
28 días	4,725.00	4,725.00	4,725.00	4,725.00
<b>Resultados en laboratorio</b>				
28 días	6,700.00	6,792.00	6,849.00	6,927.00

En consecuencia, el hallazgo final es; se comprueba que, las fibras de PVC no estructural mejora el comportamiento de concreto sometido a tracción.

## 4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

### 4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para efectuar el procedimiento estadístico de contrastación de hipótesis, es necesario definir el método estadístico seleccionado para el análisis. Dado que se trabaja con variables cuantitativas, se requiere verificar la normalidad de los datos a fin de asegurar la aplicación de análisis paramétricos adecuados.

**Tabla 23**

*Evaluación prueba aplicada para verificar la distribución normal de los datos aplicada sobre los registros correspondientes a la capacidad compresiva, con el propósito de analizar posibles diferencias significativas*

Variable	Kolmogorov - Smirnov			Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
0.0% fibra de PVC a 28 días	,132	6	,200*	,958	6	,651
0.3% fibra de PVC a 28 días	,133	6	,200*	,953	6	,575
0.5% fibra de PVC a 28 días	,104	6	,200*	,966	6	,794
0.7% fibra de PVC a 28 días	,138	6	,200*	,963	6	,747

\*. Este valor representa el límite inferior del nivel real de significancia estadística.

a. Ajuste del nivel de significancia según el método de Lilliefors.

Es evidente que se reconocen dos pruebas comúnmente utilizadas para evaluar la normalidad: Kolmogorov-Smirnov, recomendada para conjuntos de datos superiores a 30 casos, y Shapiro-Wilk, adecuada para conjuntos de datos con tamaño muestral reducido de menor tamaño, que no superan los 30 datos). En caso de que nuestra muestra de datos sea inferior a 30, se llevará a cabo el análisis de evaluación de la distribución normal utilizando el test estadístico de Shapiro-Wilk.

El criterio establecido con el objetivo de identificar si los datos siguen una distribución normal es la siguiente:

- Si el valor de P es superior a  $\alpha$ , entonces La información se obtiene a partir de una distribución normal.
- Si el valor de P supera a  $\alpha$ , Por lo tanto, los datos **NO** se obtienen a partir del ajustado a los parámetros de una distribución estadística de tipo normal.

**Tabla 24**

*Verificación del valor de significancia (p-valor) obtenido en la prueba*

P-valor (0.0% fibra de PVC a 28 días) = 0.651	>	$\alpha = 0.05$
P-valor (0.3% fibra de PVC a 28 días) = 0.575	>	$\alpha = 0.05$
P-valor (0.5% fibra de PVC a 28 días) = 0.794	>	$\alpha = 0.05$
P-valor (0.7% fibra de PVC a 28 días) = 0.747	>	$\alpha = 0.05$

## INTERPRETACIÓN

1. La magnitud correspondiente a P-valor correspondiente al 0.0% de fibra de PVC a 28 días es igual a 0.651. Considerando que su valor excede el 0.05, es esencial subrayar que los datos analizados provienen de una población con distribución normal. En consecuencia, es de suma importancia la utilización de herramientas estadísticas paramétricas en el tratamiento de los datos.
2. El resultado obtenido para el valor de P-valor correspondiente al 0.3% de fibra de PVC a 28 días es igual a 0.575. Considerando que su valor excede el 0.05, es esencial subrayar lo que indica que los datos provienen de una población con comportamiento estadístico normal. En consecuencia, es de suma importancia el uso de técnicas estadísticas paramétricas durante el análisis.
3. La cifra correspondiente al P-valor correspondiente al 0.5% de fibra de PVC a 28 días es igual a 0.575. Considerando que su valor excede el 0.05, es esencial subrayar lo cual confirma que la muestra se ajusta a una distribución de tipo normal. En consecuencia, es de suma importancia validando el uso de métodos de análisis paramétrico en la interpretación de los resultados.

4. El resultado numérico obtenido para P-valor de 0.7% de fibra de PVC a 28 días equivale a 0.575. Considerando que su valor excede el 0.05, es esencial subrayar lo indicando que los valores analizados siguen una distribución normal en la población. En consecuencia, es de suma importancia el uso de métodos estadísticos paramétricos durante el tratamiento de los datos.

En consecuencia, debido a las distribuciones normales en cada caso previo, el método estadístico seleccionado para verificar la hipótesis planteada por el investigador se empleará el test t de Student destinado a muestras dependientes, utilizada en comparaciones entre grupos relacionados.

#### **4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS**

##### **➤ Hipótesis general**

**HG:** Las fibras no estructurales de PVC influyen significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

**Se corrobora que las fibras no estructurales de PVC influyen en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.**

##### **➤ Hipótesis específica**

**HE1:** La adición de un 0.3% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso influyen significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

**Se corrobora que la adición del 0.3% de fibras no estructurales de PVC influyen en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.**

**HE2:** La adición de un 0.5% fibras no estructurales de PVC

respecto del peso seco del agregado grueso influyen significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

**Se corrobora que la adición del 0.5% de fibras no estructurales de PVC influyen en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.**

**HE3:** La adición de un 0.7% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso influyen significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

**Se corrobora que la adición del 0.7% de fibras no estructurales de PVC influyen en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.**

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

De acuerdo con el estudio planteado, las investigaciones actuales en ingeniería se centran en la preocupación por la contaminación masiva generada por los residuos de PVC. En el presente escenario, se sugiere la reutilización de estos residuos en la producción de concreto. Mediante la realización de pruebas de flexión de vigas de concreto que integran estos materiales en diversas proporciones, se pretende asegurar tanto la funcionalidad como la seguridad, fundamentándose en los resultados obtenidos de las pruebas.

En el contexto del estudio desarrollado, EFECTO DE LA INCORPORACIÓN DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC EN EL COMPORTAMIENTO ELÁSTICO DE ELEMENTOS SOMETIDOS A FLEXIÓN CON  $F'C=210\text{KGF}/\text{CM}^2$ , HUÁNUCO 2024, el objetivo principal fue determinar en qué medida la incorporación proporcional de fibra de PVC iguala o mejora el comportamiento elástico en comparación con un diseño base que no utiliza este material.

El estudio fue realizado con una muestra de 60 vigas de concreto, de las cuales 16 fueron analizadas a los 28 días de curado. Los resultados del grupo de control, compuesto por 4 probetas, demostraron que se alcanzó y superó satisfactoriamente la resistencia esperada. Esta resistencia base sirvió como referencia para evaluar la funcionalidad de las proporciones de fibra de PVC incorporadas (0.3%, 0.5% y 0.7%).

Tras la adición de estas proporciones, se observó una mejora notable en la respuesta estructural del concreto, siendo el 0.5% de fibra de PVC la proporción óptima, ya que proporcionó los mejores resultados en términos de resistencia. Las otras proporciones, aunque menos efectivas, presentaron valores de resistencia que no se alejaron significativamente de la media del grupo de control, lo que sugiere una capacidad de mejora sobre el comportamiento físico y mecánico del concreto a partir de la inclusión de fibras.

de PVC.

En consecuencia, se valida la hipótesis formulada alternativa principal, la cual indica que mediante la utilización de fibra de PVC será posible obtener concreto de resistencia  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ .

Las iniciativas vinculadas en el cual se emplearon estudios previos como base referencial para enriquecer el análisis de las conclusiones alcanzadas en esta investigación. Se consideraron los aportes más relevantes de los siguientes especialistas:

Cabarcas y Colpas (2020). Ejecutó su investigación denominada: La evaluación sobre el desempeño a flexión y compresión de un concreto sustentable reforzado con fibras PET, propuesta conforme a lo establecido en la normativa NSR-10, se lleva a cabo en respuesta al problema que señala que el deterioro ambiental en zonas costeras se origina principalmente por comportamientos humanos inapropiados y la falta de conciencia en la conservación del ecosistema. La finalidad consiste en llevar a cabo el uso de PET reciclado proveniente de envases plásticos como parte de la mezcla en concreto ha sido incorporado progresivamente en el ámbito de la construcción, en consonancia con la elaboración de una mezcla tradicional del material cementicio, basada conforme a los criterios establecidos en la normativa ACI 211.1 y en la curva granulométrica propuesta por Fuller. Las investigaciones indican que, con el fin de lograr una capacidad adecuada frente a esfuerzos de compresión, es necesario incorporar un 0,2% de fibra de PET. La resistencia a la compresión mostró una reducción del 9,89% en relación con la mezcla patrón utilizada como referencia. No obstante, al incrementar la proporción de fibra de PET al 0,35%, se observó una reducción del 6,5% en la resistencia a la compresión en comparación con el concreto de control. Se llegó a la conclusión de que, considerando que la incorporación de fibra incrementa tanto la ductilidad como la capacidad resistente del concreto, posee la capacidad de preservar el comportamiento a flexión, siendo relevante para minimizar la aparición de fisuras generadas por contracción plástica. En consecuencia, se sugiere establecer un protocolo para la mejora de la textura y morfología superficial de la fibra de poliéster reciclado (PET) a través de la

incorporación de aditivos en la combinación. En cuanto a su aportación práctica, se destaca la importancia de la utilización de materiales pétreos, ya que se ubican dentro de los límites establecidos por la curva granulométrica recomendada especificados por la normativa ACI. Se han utilizado diversas proporciones y tamaños de partículas en los agregados, buscando su adecuada combinación para mejorar la efectividad de las fibras PET como refuerzo adicional en la mezcla de la fibra de PET.

Robles y Madariaga (2018), dentro del desarrollo de su estudio académico denominado “Caracterización del concreto reforzado mediante el uso de fibras sintéticas de polipropileno en viga, en Colombia, propone realizar pruebas en el laboratorio, donde se ensayaron vigas de concreto con y sin adiciones de diferentes fibras a una edad de 28 días. Los resultados derivados de las cargas utilizadas (de 10 KN a 25 KN) han incrementado la deflexión de manera proporcional. Además, a partir de 22 KN, el acero se deforma más que la fibra. Por otro lado, al incorporar 6 kg/m<sup>3</sup> de fibra, la capacidad de carga se incrementa en un 18%, lo que resulta en una mayor resistencia en el concreto. Finalmente, se concluye que la incorporación en grandes cantidades de fibras de polipropileno al concreto mejora sus propiedades físicomecánicas.

## CONCLUSIONES

A partir de los hallazgos obtenidos en el desarrollo del proyecto, se establecieron las conclusiones que se detallan a continuación, las cuales cumplen con su propósito:

- El uso de fibras de PVC no estructurales como material para el diseño de concreto con una resistencia de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$  aumenta significativamente la resistencia del concreto expuesto a flexión, según los ensayos de laboratorio realizados en las vigas a los 7, 14, 21 y 28 días.
- Se determina que las vigas con la inclusión de fibras de PVC no estructurales presentan un menor daño estructural debido a la mejora de los estados de fractura provocados por el aumento progresivo de la carga. El área de daño es el parámetro que caracteriza el estado de fisuración de las vigas para cada una de las etapas de carga.
- Las fibras de PVC no estructurales tienen un impacto positivo en el comportamiento elástico de las piezas sometidas a flexión; se observaron los siguientes resultados después de 28 días:
  - a) En comparación con el diseño de la muestra, el comportamiento elástico bajo flexión mejora en  $2.45 \text{ kg/cm}^2$  añadiendo un 0.3% de fibra de PVC no estructural.
  - b) En comparación con el diseño de la muestra, el comportamiento elástico bajo flexión mejora en  $4.10 \text{ kg/cm}^2$  incorporando un 0.5% correspondiente al refuerzo con fibra de PVC no estructural.
  - c) En comparación con el diseño de la muestra, el comportamiento elástico bajo flexión mejora en  $6.42 \text{ kg/cm}^2$  añadiendo un 0.7% de fibra de PVC no estructural.
- Todos los resultados de los especímenes examinados en las pruebas de flexión estuvieron dentro de los  $210 \text{ kg/cm}^2$ , valor correspondiente a la capacidad resistente especificada del diseño estructural. La flexibilidad y la tenacidad que ofrece la inclusión de las fibras estructurales de PVC impiden el colapso completo de la viga, que es lo que diferencia a cada espécimen de los demás en cuanto al comportamiento posterior a la fisuración.

- El diseño sugerido ejemplifica las ventajas medioambientales de utilizar eficazmente fibras de PVC no estructurales.
- Es aconsejable que los diseñadores y constructores adopten esta práctica en proyectos donde se anticipen problemas de fisuración, asegurando así una mayor durabilidad y resistencia del concreto. Además, se sugiere realizar investigaciones adicionales para determinar las proporciones óptimas de adición y evaluar el impacto de estas fibras en diferentes condiciones ambientales y de carga.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda que los ingenieros y diseñadores de estructuras consideren la incorporación de fibras de PVC no estructurales en las mezclas de concreto destinadas a proyectos que requieren una capacidad estructural frente a la flexión de  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ . Dada la evidencia de que estas fibras mejoran significativamente las propiedades mecánicas del concreto, se sugiere realizar estudios adicionales sobre su comportamiento en diferentes condiciones ambientales y de carga.
- Se recomienda que, durante la etapa de diseño y ejecución de vigas, con énfasis particular en estructuras sometidas a cargas variables, se incluya fibras de PVC no estructurales como un refuerzo eficaz. Esta práctica no solo minimiza el daño estructural y mejora la durabilidad de las vigas, sino que también optimiza el comportamiento ante el aumento progresivo de la carga.
- Se recomienda que, al diseñar mezclas de concreto para aplicaciones que requieren resistencia a la flexión, se considere la incorporación de fibras de PVC no estructurales en proporciones de al menos 0.3%, 0.5% y 0.7%. Los resultados indican que estas adiciones mejoran significativamente el comportamiento elástico del concreto, lo que puede traducirse en estructuras más robustas y duraderas.
- Se sugiere realizar estudios adicionales para determinar la relación costo-beneficio de esta práctica en diferentes contextos de construcción y promover su uso en normativas de diseño para optimizar el rendimiento estructural del concreto.
- Se recomienda promover el uso de fibras de PVC no estructurales en el diseño de mezclas de concreto, destacando sus beneficios medioambientales. Se sugiere desarrollar campañas de sensibilización y capacitación para arquitectos, ingenieros y profesionales del sector de la construcción sobre las ventajas sostenibles de este material.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez Huaynalaya, R. J. (2014). Agregados en la ingeniería civil. Obtenido de  
<https://sites.google.com/site/alvarezhuaynalayarafaeljordy/agrgados-en-la-ingenieria-civil>
- Amezcu, V. (2 de Mayo de 2016). ¿Cuánto reciclamos en Latinoamérica? Obtenido de <http://www.natura-medioambiental.com/cuanto-reciclamos-en-latinoamerica/>
- Avanto Castillo, F. (1997). Tecnología del concreto. Obtenido de [https://issuu.com/gerardo\\_ramos1997/docs/306087568-tecnologia-del-concreto-flavio-abanto](https://issuu.com/gerardo_ramos1997/docs/306087568-tecnologia-del-concreto-flavio-abanto)
- Cabarcas Caipa, L. M., & Colpas Macias, J. D. (2020). Evaluación de la resistencia a la flexión y compresión de un concreto estructural ecológico con fibras pet propuesto conforme a la norma NSR-10. Universidad de la Costa.
- Cardona Benavides, G. (2018). Cemento. Obtenido de <https://nodo.ugto.mx/wp-content/uploads/2018/05/CEMENTO.pdf>
- Carrasco Diaz, S. (2015). Metodología de la investigación científica: pautas metodologicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación. Obtenido de [https://www.academia.edu/26909781/Metodologia\\_de\\_La\\_Investigacion\\_Cientifica\\_Carrasco\\_Diaz\\_1\\_](https://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1_)
- Construyedo.co. (2019). Dosificación de concreto. Obtenido de <https://construyendo.co/concreto/index.php>
- Fonseca Velandia, C. A., & Suarez Rojas, E. J. (2018). Evaluación del comportamiento del concreto hidráulico tras la inclusión de tubos al interior de vigas. Obtenido de [https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3777/1/Evaluacion\\_del\\_comportamiento\\_del\\_concreto.pdf](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/3777/1/Evaluacion_del_comportamiento_del_concreto.pdf)

- García, A., Rodríguez, B., & Sánchez, C. (2020). Propiedades y aplicaciones del Policloruro de Vinilo (PVC). *Revista de Química Aplicada*, 25(3), 123-136.
- Glosario MTC. (2018). Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial. Obtenido de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_1556.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_1556.pdf) LORENZO, %20Auriola.pdf
- González Caballero, M. (2004). *El terreno*. Universitat Politecnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politecnica.
- González, A. (2018). Composición y propiedades del concreto. *Revista de Ingeniería de Materiales*, 32(2), 45-58.
- González, J. (2017). Factores que influyen en la resistencia a la flexión del concreto. *Revista de Ingeniería Civil*, 35(2), 67-78.
- Hernández Murcia, D. F., & León Otálora, D. A. (2017). Estudio de concreto adicionado con fibras de polipropileno o sintéticas al 2%. Universidad Católica de Colombia.
- Hernández Sampieri, R. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
- Jalixto Cuyo, B. C., & Percca Ucsa, A. (2020). Influencia de las fibras de polipropileno en las propiedades plásticas y mecánicas del concreto F'c=210, 280 kg/cm<sup>2</sup> -Cusco 2021. Universidad Cesar Vallejo.
- Lima Andrade, R. (2020). Análisis de las propiedades mecánicas y físicas de un concreto convencional adicionando fibra de polipropileno, Lima – 2020. Universidad Cesar Vallejo.
- Linero, D. L., Garzón, D., & Ramírez, A. (2013). *Ánálisis estructural mediante el método de los elementos finitos. Introducción al comportamiento lineal elástico*. Universidad Nacional de Colombia.

López, D., Torres, E., & Gómez, F. (2018). Avances en el procesamiento del PVC para aplicaciones en la industria de la construcción. *Revista de Materiales Avanzados*, 15(2), 87-102. Obtenido de <https://www.revistamaterialesavanzados.com>

Martínez, J., López, F., & García, R. (2021). Propiedades mecánicas del concreto para aplicaciones estructurales. *Revista de Materiales y Estructuras*, 48(1), 67-78.

Martínez, L., Gómez, F., & Rodríguez, M. (2019). *Propiedades mecánicas del concreto y su relación con la resistencia a la flexión*. Editorial Universitaria.

McCormac, J. C., & Brown, R. H. (2017). *Diseño de concreto reforzado*. Alpha Editorial.

Montalvo Peña, H. (2019). CONCRETO: Generalidades, propiedades y procesos. Obtenido de [https://www.academia.edu/9706247/CONCRETO\\_Generalidades\\_propiedades\\_y\\_procesos#:~:text=El%20concreto%20es%20un%20material,gen%C3%A9ricamente%20se%20designa%20como%20aditivo](https://www.academia.edu/9706247/CONCRETO_Generalidades_propiedades_y_procesos#:~:text=El%20concreto%20es%20un%20material,gen%C3%A9ricamente%20se%20designa%20como%20aditivo).

Naranjo lara, V. P. (2007). Morteros y hormigones construcciones materiales de construcción. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2785>

National Ready Mixed Concrete Association. (2017). *CIP 16 - Resistencia a Flexión del concreto*. Recuperado el 7 de November de 2022, de Concrete Supply Co.: <https://concretesupplyco.com/wp-content/uploads/2017/01/16pes.pdf>

OSORIO, J. D. (2019). *Diseño de mezclas de concreto: conceptos básicos - 360 en concreto*. Recuperado el 7 de November de 2022, de 360 en Concreto: <https://360enconcreto.com/blog/detalle/diseno-mezclas-de-concreto-conceptos-basicos/>

Otzazzi. (2015). Apunte de Concreto Armado . En Otazzi.

Pérez, J., Rodríguez, M., & Sánchez, A. (2022). Aplicaciones y características de los tubos de PVC en la industria. *Revista de Ingeniería Industrial*, 40(1), 23-35.

Pérez, R. (2019). Métodos de diseño del concreto en estructuras. *Revista de Ingeniería Civil*, 37(3), 145-160.

Pérez, R. (2020). Métodos de cálculo y diseño para la resistencia a la flexión del concreto. *Revista de Investigación en Ingeniería Estructural*, 42(3), 145-160.

Porrero S., J., Ramos R., C., Grases G., J., & Velazco, G. J. (2014). Manual Del Concreto Estructural. Obtenido de <https://es.slideshare.net/nilsey/manual-del-concreto>

Putzmeister. (2022). *La relación agua-cemento: un frágil equilibrio*. Recuperado el 7 de November de 2022, de Putzmeister: <https://bestsupportunderground.com/relacion-agua-cemento/>

Riddell, R., & Hidalgo, P. (1997). *Diseño estructural*. Ediciones UC.

Robles Cordero, Á. J., & Madariaga González, E. (2018). Caracterización de las del concreto reforzado con de polipropileno en viga. Universidad Francisco de Paula Santander.

Rodenas Lopez, M. A. (2019). Concreto. Obtenido de <https://www.academia.edu/13567232/Concreto>

Sáez, A., G., U., & A., J. (diciembre de 2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/737/73737091009.pdf>

Saldaña Chaupe, M. D. (2021). “Efecto de la fibra de policloruro de vinilo reciclado sobre la resistencia a compresión y eflorescencia del ladrillo de concreto.”. Obtenido de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88709/Salda%C3%B1a%C3%B1a\\_CMD-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/88709/Salda%C3%B1a%C3%B1a_CMD-SD.pdf?sequence=1)

Santa Ana, R. (2014). *Concreto Armado Tratado Práctico*. Ing. Ronald Santa Ana.

SENCICO. (2020). R.N.E. E 060.

Servei Estació. (18 de March de 2021). *Tubos de pvc: usos y características básicas*. Recuperado el 7 de November de 2022, de Servei Estació: <https://serveiestacio.com/blog/tubos-de-pvc-usos-y-caracteristicas-basicas/>

TecnoMagazine. (2018). *La humedad en el hormigón*. Recuperado el 7 de November de 2022, de Tecnopol: <https://tecnopol.es/newsletter/TECNOMAGAZINE-N8-es.pdf>

Valderrama Mendoza, S. R. (2013). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial San Marcos.

Vázquez, M., Jiménez, P., & García, R. (2019). *Estructura y propiedades del Policloruro de Vinilo (PVC)*. Editorial Universitaria.

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

Ochoa Mendoza, D. (2025). *Influencia de las fibras no estructurales de PVC en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kgf/cm}^2$* , Huánuco-2024 [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO: "INFLUENCIA DE LAS FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC EN LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN EN EL CONCRETO  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , HUÁNUCO – 2024"**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General</b>  <b>PG:</b> ¿De qué manera influyen las fibras no estructurales de PVC en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math>, Huánuco-2024?</p> <p><b>Problema Específicos</b>  <b>PE1:</b> ¿Cuál es la influencia de un 0,3% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math>, Huánuco-2024?</p>	<p><b>Objetivo General</b>  <b>OG:</b> Determinar la influencia de las fibras no estructurales de PVC en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math>, Huánuco-2024.</p> <p><b>Objetivo Específicos</b>  <b>OE1:</b> Determinar la influencia de un 0,3% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math>, Huánuco-2024.</p>	<p><b>Hipótesis General</b>  <b>HG:</b> Las fibras no estructurales de PVC influyen significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math>, Huánuco-2024.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b>  <b>HE1:</b> La adición de un 0,3% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso influyen significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math>, Huánuco-2024.</p> <p><b>HE2:</b> La adición de un 0,5% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso influyen</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>  Fibras no estructurales de PVC</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b>  Resistencia a la flexión del concreto <math>f'c=210 \text{ kg/cm}^2</math>.</p> <p><b>INDICADORES</b></p> <p>Kilogramos (Kg)</p> <p>Resistencia a la flexión del concreto (<math>f'c=</math>)</p>	Peso de un 0,3% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso. Peso de un 0,5% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso. Peso de un 0,7% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso. Resistencia a la flexión del concreto con un 0,3% fibras no estructurales de PVC.	<p><b>Enfoque:</b>  Enfoque cuantitativo.</p> <p><b>Alcance o nivel:</b>  Alcance explicativo.</p> <p><b>Diseño:</b>  Será de diseño cuasi experimental.</p> <p><b>Técnica de investigación:</b>  Observación</p> <p><b>Instrumentos:</b>  Fichas de campo y ficha de ensayo de resistencia a la flexión certificada por el laboratorio.</p> <p><b>Población:</b>  La población se compone de 60 vigas de concreto de 6 pulgadas x 8 pulgadas con una longitud de 18 pulgadas, incluyendo tanto los bloques de concreto como las vigas de concreto</p>

**PE2:** ¿Cuál es la influencia de un 0,5% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024?

**PE3:** ¿Cuál es la influencia de un 0,7% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024?

**OE2:** Determinar la influencia de un 0,5% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

**OE3:** Determinar la influencia de un 0,7% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

**HE3:** La adición de un 0,7% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso influyen significativamente en el comportamiento elástico de elementos sometidos a flexión con  $f'c=210\text{kg/cm}^2$ , Huánuco-2024.

#### Variable de estudio

Variable independiente = Fibras no estructurales de PVC.

Variable dependiente = Resistencia a la flexión del concreto.

kg/cm<sup>2</sup>) en el límite elástico

PVC respecto del peso seco del agregado grueso.

Resistencia a la flexión del concreto con un 0,5% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso.

Resistencia a la flexión del concreto con un 0,7% fibras no estructurales de PVC respecto del peso seco del agregado grueso.

con porcentajes de fibras no estructurales de PVC.

#### Muestra:

La muestra seleccionada es de naturaleza no probabilística, en otras palabras, estas muestras se seleccionan de acuerdo con el criterio del investigador. Este criterio debe fundamentarse en la experiencia acumulada en otras investigaciones o recomendaciones de literatura de investigación.

## ANEXO 2

### FICHAS DE CAMPO

#### **Ficha de campo**

CANTIDAD DE MUESTRAS	SLUMP (PULGADAS)	CANTIDAD DE FIBRAS DE PVC (UNIDADES)	TIEMPO DE CURADO (DÍAS)	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA A FLEXIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )
Muestra 1				
Muestra 2				
Muestra 3				
Muestra 4				
Muestra 5				
Muestra 6				
Muestra 7				
Muestra 8				
Muestra 9				
Muestra 0				

## ANEXO 2

### FICHAS DE CAMPO

#### Ficha de campo

CANTIDAD DE MUESTRAS	SLUMP (PULGADAS)	CANTIDAD DE FIBRAS DE PVC (UNIDADES)	TIEMPO DE CURADO (DÍAS)	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA A FLEXIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )
MUESTRA 01	3.75"	0.0%	7	149.78
MUESTRA 02	3.50"	0.0%	7	151.11
MUESTRA 03	3.75"	0.0%	7	149.78
MUESTRA 04	3.50"	0.0%	74	188.66
MUESTRA 05	3.50"	0.0%	14	187.66
MUESTRA 06	3.75"	0.0%	14	187.66
MUESTRA 07	3.75"	0.0%	14	187.66
MUESTRA 08	3.75"	0.0%	21	201.79
MUESTRA 09	3.75"	0.0%	21	206.20
MUESTRA 10	3.75"	0.0%	21	209.30

**ANEXO 2**  
**FICHAS DE CAMPO**

**Ficha de campo**

CANTIDAD DE MUESTRAS	SLUMP (PULGADAS)	CANTIDAD DE FIBRAS DE PVC (UNIDADES)	TIEMPO DE CURADO (DÍAS)	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA A FLEXIÓN (KG/CM2)
MUESTRA 11	3.75"	0.0%	21	206.20
MUESTRA 11	3.50"	0.0%	28	215.13
MUESTRA 13	3.50"	0.0%	28	220.47
MUESTRA 14	3.50"	0.0%	28	220.47
MUESTRA 15	3.00"	0.0%	28	220.47
MUESTRA 16	3.75"	0.3%	7	154.23
MUESTRA 17	3.75"	0.3%	7	157.62
MUESTRA 18	3.75"	0.3%	7	151.28
MUESTRA 19	3.75"	0.3%	14	191.56
MUESTRA 20	3.75"	0.3%	14	189.54

**ANEXO 2**  
**FICHAS DE CAMPO**

**Ficha de campo**

CANTIDAD DE MUESTRAS	SLUMP (PULGADAS)	CANTIDAD DE FIBRAS DE PVC (UNIDADES)	TIEMPO DE CURADO (DÍAS)	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA A FLEXIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )
MUESTRA 21	3.75"	0.3%	14	189.54
MUESTRA 22	3.75"	0.3%	14	189.54
MUESTRA 23	3.75"	0.3%	21	203.81
MUESTRA 24	3.75"	0.3%	21	203.26
MUESTRA 25	3.75"	0.3%	21	204.32
MUESTRA 26	3.75"	0.3%	21	208.26
MUESTRA 27	3.75"	0.3%	28	218.36
MUESTRA 28	3.75"	0.3%	28	222.67
MUESTRA 29	3.75"	0.3%	28	222.67
MUESTRA 30	3.75"	0.3%	28	222.67

**ANEXO 2**  
**FICHAS DE CAMPO**

**Ficha de campo**

CANTIDAD DE MUESTRAS	SLUMP (PULGADAS)	CANTIDAD DE FIBRAS DE PVC (UNIDADES)	TIEMPO DE CURADO (DÍAS)	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA A FLEXIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )
MUESTRA 31	3.50"	0.5%	7	152.40
MUESTRA 32	3.50"	0.5%	7	153.75
MUESTRA 33	3.50"	0.5%	7	152.40
MUESTRA 34	3.50"	0.5%	14	192.98
MUESTRA 35	3.50"	0.5%	14	190.94
MUESTRA 36	3.50"	0.5%	14	190.94
MUESTRA 37	3.50"	0.5%	14	190.94
MUESTRA 38	3.50"	0.5%	21	205.32
MUESTRA 39	3.50"	0.5%	21	209.81
MUESTRA 40	3.50"	0.5%	21	205.84

**ANEXO 2**  
**FICHAS DE CAMPO**

**Ficha de campo**

CANTIDAD DE MUESTRAS	SLUMP (PULGADAS)	CANTIDAD DE FIBRAS DE PVC (UNIDADES)	TIEMPO DE CURADO (DÍAS)	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA A FLEXIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )
MUESTRA 41	3.50"	0.5 %	21	209.81
MUESTRA 42	3.50"	0.5 %	28	220.51
MUESTRA 43	3.50"	0.5 %	28	223.73
MUESTRA 44	3.50"	0.5 %	28	224.33
MUESTRA 45	3.50"	0.5 %	28	224.33
MUESTRA 46	3.25"	0.7 %	7	154.27
MUESTRA 47	3.25"	0.7 %	7	154.89
MUESTRA 48	3.25"	0.7 %	7	154.27
MUESTRA 49	3.25"	0.7 %	14	194.40
MUESTRA 50	3.25"	0.7 %	14	193.29

## ANEXO 2

### FICHAS DE CAMPO

#### Ficha de campo

CANTIDAD DE MUESTRAS	SLUMP (PULGADAS)	CANTIDAD DE FIBRAS DE PVC (UNIDADES)	TIEMPO DE CURADO (DÍAS)	CARGA ÚLTIMA DE ROTURA A FLEXIÓN (KG/CM <sup>2</sup> )
MUESTRA 51	3.25"	0.7%	14	193.29
MUESTRA 52	3.25"	0.7%	14	194.23
MUESTRA 53	3.25"	0.7%	21	209.85
MUESTRA 54	3.25"	0.7%	21	212.39
MUESTRA 55	3.25"	0.7%	21	208.37
MUESTRA 56	3.25"	0.7%	21	211.36
MUESTRA 57	3.25"	0.7%	28	222.66
MUESTRA 58	3.25"	0.7%	28	225.91
MUESTRA 59	3.25"	0.7%	28	226.53
MUESTRA 60	3.25"	0.7%	28	222.08

## ANEXO 3

### FICHAS DE LABORATORIO

#### Ficha de laboratorio de ensayo a flexión

VIGAS PATRÓN - CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>													
Nº	ESTRUCTURA	EDAD (DÍAS)	FECHA		LECTURA REAL (KGF)	LECTURA CORREGIDA (KGF)	LUZ LIBRE ENTRE APOYOS (45CM)	ANCHO DE VIGA (CM)	ALTURA DE VIGA (CM)	RESISTENCIA TESTIGO (KG/CM <sup>2</sup> )	RESISTENCIA DE DISEÑO (KG/CM <sup>2</sup> )	RESISTENCIA EN RELACIÓN AL F'C (%)	PROMEDIO (%)
			MOLDEO	ROTURA									
1													
2													
3													
1													
2													
3													
4													

### VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS - CONCRETO F'C = 210 kg/cm<sup>2</sup>

Nº	ESTRUCTURA	EDAD (DÍAS)	FECHA		LECTURA REAL (KGF)	LECTURA CORREGIDA (KGF)	LUZ LIBRE ENTRE APOYOS (45CM)	ANCHO DE VIGA (CM)	ALTURA DE VIGA (CM)	RESISTENCIA TESTIGO (KG/CM <sup>2</sup> )	RESISTENCIA DE DISEÑO (KG/CM <sup>2</sup> )	RESISTENCIA EN RELACIÓN AL F'C (%)	PROMEDIO (%)
			MOLDEO	ROTURA									
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,220.00	11,253.33	45.00	15.00	15.00	149.60	210.00	71.00	72.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,320.00	11,253.33	45.00	15.00	15.00	150.93	210.00	72.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,220.00	11,253.33	45.00	15.00	15.00	149.60	210.00	71.00	
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,210.00	14,098.00	45.00	15.00	15.00	189.47	210.00	90.00	90.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,060.00	14,098.00	45.00	15.00	15.00	187.47	210.00	89.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,061.00	14,098.00	45.00	15.00	15.00	187.48	210.00	89.00	
4	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,061.00	14,098.00	45.00	15.00	15.00	187.48	210.00	89.00	
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,120.00	15,325.00	45.00	15.00	15.00	201.60	210.00	96.00	98.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,450.00	15,325.00	45.00	15.00	15.00	206.00	210.00	98.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,280.00	15,325.00	45.00	15.00	15.00	203.73	210.00	97.00	
4	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,450.00	15,325.00	45.00	15.00	15.00	206.00	210.00	98.00	
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,120.00	16,420.00	45.00	15.00	15.00	214.93	210.00	102.00	105.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,520.00	16,420.00	45.00	15.00	15.00	220.27	210.00	105.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,520.00	16,420.00	45.00	15.00	15.00	220.27	210.00	105.00	
4	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,520.00	16,420.00	45.00	15.00	15.00	220.27	210.00	105.00	

**VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC - CONCRETO F'C = 210 kg/cm<sup>2</sup>**

Nº	ESTRUCTURA	EDAD (DÍAS)	FECHA		LECTURA REAL (KGF)	LECTURA CORREGIDA (KGF)	LUZ LIBRE ENTRE APOYOS (45CM)	ANCHO DE VIGA (CM)	ALTURA DE VIGA (CM)	RESISTENCIA TESTIGO (KG/CM <sup>2</sup> )	RESISTENCIA DE DISEÑO (KG/CM <sup>2</sup> )	RESISTENCIA EN RELACIÓN AL F'C (%)	PROMEDIO (%)
			MOLDEO	ROTURA									
1	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,333.00	11,366.33	45.00	15.00	15.00	151.10	210.00	72.00	73.00
2	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,433.00	11,366.33	45.00	15.00	15.00	152.44	210.00	73.00	
3	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,333.00	11,366.33	45.00	15.00	15.00	151.10	210.00	72.00	
1	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,352.00	14,238.75	45.00	15.00	15.00	191.36	210.00	91.00	91.00
2	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,201.00	14,238.75	45.00	15.00	15.00	189.34	210.00	90.00	
3	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,201.00	14,238.75	45.00	15.00	15.00	189.35	210.00	90.00	
4	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,201.00	14,238.75	45.00	15.00	15.00	189.35	210.00	90.00	
1	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,272.00	15,478.75	45.00	15.00	15.00	203.62	210.00	97.00	99.00
2	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,605.00	15,478.75	45.00	15.00	15.00	208.06	210.00	99.00	
3	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,433.00	15,478.75	45.00	15.00	15.00	205.77	210.00	98.00	
4	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,605.00	15,478.75	45.00	15.00	15.00	208.06	210.00	99.00	
1	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,361.00	16,604.00	45.00	15.00	15.00	218.15	210.00	104.00	106.00
2	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,685.00	16,604.00	45.00	15.00	15.00	222.47	210.00	106.00	
3	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,685.00	16,604.00	45.00	15.00	15.00	222.47	210.00	106.00	
4	VIGAS DE CONCRETO CON 0.3% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,685.00	16,604.00	45.00	15.00	15.00	222.47	210.00	106.00	

**VIGAS DE CONCRETO CON 0.5% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC - CONCRETO F'C = 210 kg/cm<sup>2</sup>**

Nº	ESTRUCTURA	EDAD (DÍAS)	FECHA		LECTURA REAL (KGF)	LECTURA CORREGIDA (KGF)	LUZ LIBRE ENTRE APOYOS (45CM)	ANCHO DE VIGA (CM)	ALTURA DE VIGA (CM)	RESISTENCIA TESTIGO (KG/CM <sup>2</sup> )	RESISTENCIA DE DISEÑO (KG/CM <sup>2</sup> )	RESISTENCIA EN RELACIÓN AL F'C (%)	PROMEDIO (%)
			MOLDEO	ROTURA									
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,417.00	11,450.67	45.00	15.00	15.00	152.22	210.00	72.00	73.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,518.00	11,450.67	45.00	15.00	15.00	153.57	210.00	73.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,417.00	11,450.67	45.00	15.00	15.00	152.22	210.00	72.00	
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,459.00	14,344.75	45.00	15.00	15.00	192.79	210.00	92.00	92.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,306.00	14,344.75	45.00	15.00	15.00	190.75	210.00	91.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,307.00	14,344.75	45.00	15.00	15.00	190.76	210.00	91.00	
4	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,307.00	14,344.75	45.00	15.00	15.00	190.76	210.00	91.00	
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,385.00	15,593.75	45.00	15.00	15.00	205.13	210.00	98.00	100.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,721.00	15,593.75	45.00	15.00	15.00	209.61	210.00	100.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,548.00	15,593.75	45.00	15.00	15.00	207.30	210.00	99.00	
4	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,721.00	15,593.75	45.00	15.00	15.00	209.61	210.00	100.00	
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,523.00	16,727.25	45.00	15.00	15.00	220.30	210.00	105.00	107.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,768.00	16,727.25	45.00	15.00	15.00	223.57	210.00	106.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,809.00	16,727.25	45.00	15.00	15.00	224.12	210.00	107.00	
4	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,809.00	16,727.25	45.00	15.00	15.00	224.12	210.00	107.00	

**VIGAS DE CONCRETO CON 0.7% DE FIBRAS NO ESTRUCTURALES DE PVC - CONCRETO F'C = 210 kg/cm<sup>2</sup>**

Nº	ESTRUCTURA	EDAD (DÍAS)	FECHA		LECTURA REAL (KGF)	LECTURA CORREGIDA (KGF)	LUZ LIBRE ENTRE APOYOS (45CM)	ANCHO DE VIGA (CM)	ALTURA DE VIGA (CM)	RESISTENCIA TESTIGO (KG/CM <sup>2</sup> )	RESISTENCIA DE DISEÑO (KG/CM <sup>2</sup> )	RESISTENCIA EN RELACIÓN AL F'C (%)	PROMEDIO (%)
			MOLDEO	ROTURA									
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,557.00	11,572.33	45.00	15.00	15.00	154.09	210.00	73.00	74.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,603.00	11,572.33	45.00	15.00	15.00	154.70	210.00	74.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	7	18/07/2024	25/07/2024	11,557.00	11,572.33	45.00	15.00	15.00	154.09	210.00	73.00	
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,566.00	14,521.00	45.00	15.00	15.00	194.21	210.00	92.00	92.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,482.00	14,521.00	45.00	15.00	15.00	193.09	210.00	92.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,483.00	14,521.00	45.00	15.00	15.00	193.10	210.00	92.00	
4	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	14	18/07/2024	01/08/2024	14,553.00	14,521.00	45.00	15.00	15.00	194.04	210.00	92.00	
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,650.00	15,784.50	45.00	15.00	15.00	208.66	210.00	99.00	101.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,914.00	15,784.50	45.00	15.00	15.00	212.18	210.00	101.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,738.00	15,784.50	45.00	15.00	15.00	209.84	210.00	100.00	
4	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	21	18/07/2024	08/08/2024	15,836.00	15,784.50	45.00	15.00	15.00	211.15	210.00	101.00	
1	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,684.00	16,902.25	45.00	15.00	15.00	222.45	210.00	106.00	108.00
2	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,934.00	16,902.25	45.00	15.00	15.00	225.78	210.00	108.00	
3	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	16,975.00	16,902.25	45.00	15.00	15.00	226.33	210.00	108.00	
4	VIGAS PATRÓN DE CONCRETO SIN ADICIÓN DE FIBRAS CONCRETO F'C = 210 kg/cm <sup>2</sup>	28	18/07/2024	15/08/2024	17,016.00	16,902.25	45.00	15.00	15.00	226.88	210.00	108.00	

## ANEXO 4

### PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO



## ANEXO 5

### PANEL FOTOGRÁFICO

#### Fotografía 1

*Peso de la fibra de PVC y separándolos de acuerdo a las proporciones para los diseños de concreto*



#### Fotografía 2

*Peso del cemento según el diseño de mezclas*



### Fotografía 3

Se observa la mezcla de los materiales según la dosificación del diseño



### Fotografía 4

Concreto ya elaborado según el diseño de mezclas, se realizaron 60 vigas de concreto que servirán de muestra para los ensayos que se realizarán



### Fotografía 5

*La viga lista para que sea sometida a flexión y comprobar su elasticidad*



### Fotografía 6

*Las muestras (vigas), serán sometidas a flexión en el laboratorio*



### Fotografía 7

*La muestra (viga), serán sometidas a flexión en el laboratorio*



### Fotografía 8

*La viga siendo sometida a flexión y comprobando su elasticidad*



**Fotografía 9**

Resultados cuando se presentan grietas en la viga, verificación por tracción, con contenido del 0.0% de vibra de PVC no estructural.  $P = 6700 \text{ Kg-f}$

**Fotografía 10**

Resultados cuando se presentan grietas en la viga, verificación por tracción, con contenido del 0.0% de vibra de PVC no estructural.  $P = 6770 \text{ Kg-f}$ .



**Fotografía 11**

*Resultados cuando se presentan grietas en la viga, verificación por tracción, con contenido del 0.5% de vibra de PVC no estructural.  $P = 6840 \text{ Kg-f}$*

**Fotografía 12**

*Resultados cuando se presentan grietas en la viga, verificación por tracción, con contenido del 0.7% de vibra de PVC no estructural.  $P = 6970 \text{ Kg-f}$ .*



# ANEXO 6

## DOCUMENTOS Y CENTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DEL LABORATORIO



### PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

#### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-172-2023

Página : 1 de 2

Expediente : T 105-2023  
Fecha de emisión : 2023-02-28

1. Solicitante : GEO CONTROL CALIDAD TOTAL S.A.C.

Dirección : JR. VICTOR MONTALVO NRO. 114 URB. CERCADO DE PUCALLPA - CALLERIA- CORONEL PORTILLO - UCAYALI

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prenda : TAMIEQUIPOS  
Modelo de Prenda : TM 12  
Serie de Prenda : 122  
Capacidad de Prenda : 100 t

Marca de indicador : NO INDICA  
Modelo de indicador : NO INDICA  
Serie de indicador : NO INDICA

Marca de Transductor : ZEMIC  
Modelo de Transductor : YB15  
Serie de Transductor : NO INDICA

Bomba Hidráulica : ELÉCTRICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

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

#### 3. Lugar y fecha de Calibración

JR. VICTOR MONTALVO NRO. 114 URB. CERCADO DE PUCALLPA - CALLERIA- CORONEL PORTILLO - UCAYALI  
25 - FEBRERO - 2023

#### 4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

#### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 128-2022	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	HIGH WEIGHT		

#### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	30,6	30,6
Humedad %	71	71

#### 7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

#### 8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP-172-2023

Página 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10000	9989	9987	0,11	0,13	9988,0	0,12	0,02
20000	19992	19990	0,04	0,05	19991,0	0,05	0,01
30000	29990	29988	0,03	0,04	29989,0	0,04	0,01
40000	39980	39980	0,05	0,05	39980,0	0,05	0,00
50000	49972	49972	0,06	0,06	49972,0	0,06	0,00
60000	59964	59965	0,06	0,06	59964,5	0,06	0,00
70000	69972	69974	0,04	0,04	69973,0	0,04	0,00

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación :  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 1,0004x + 3,9323$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

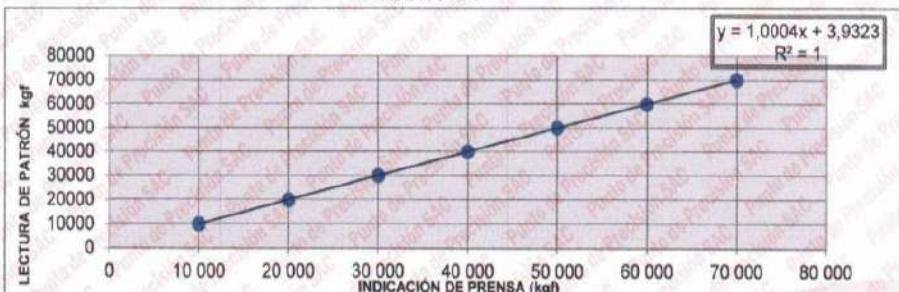
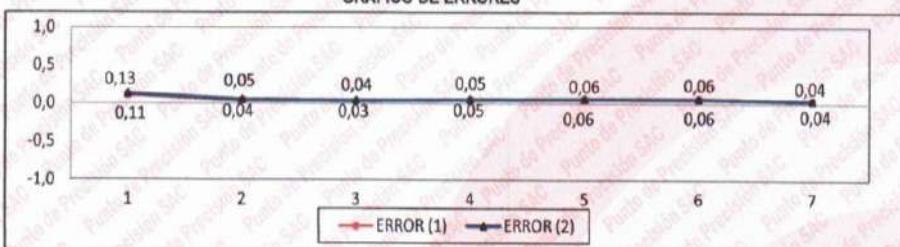
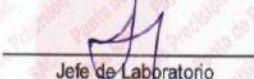


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



## ANEXO 7

### ESTUDIOS REALIZADOS

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224. **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

**PUNTO DE PRECISION S.A.C.**

**Laboratorio de Calibración**

En su sede ubicada en: Sector 1 Grupo 10 Mz M Lt. 23, distrito de Villa El Salvador, provincia y departamento Lima.

Con base en la norma **NTP-ISO/IEC 17025:2017 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**.

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-22F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 19 de mayo de 2022  
Fecha de Vencimiento: 18 de mayo de 2026

Cédula N° : 0196-2022-INACAL/DA  
Adenda N°1 del Contrato N°: 006-2019/INACAL/DA  
Registro N° : LC - 033

 Firmado digitalmente por **RODRIGUEZ ALEGRIA Alejandra FAU**  
098248515420 17-3126  
Poder: Corp. de Autor del Documento

**ALEJANDRA RODRIGUEZ ALEGRIA**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Fecha de emisión: 06 de junio de 2022

Este presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y colista de modificaciones dado que el alcance puede sufrir motivo a amalgamaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditadas](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categorias/acreditadas), o bien a través del código QR al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL, se encuentra del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) de Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 03

