

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA CIVIL**



**Tesis**

**Influencia de incorporación de fibras de vidrio, poliestireno y acero en el concreto**

**$f'c=280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento tipo HE, Abancay - 2023**

Asesor:

MSc. Maldonado Mendivil Ángel

Autor:

Cahuana Inca Yaneth

Para optar el Título Profesional:

Ingeniero Civil

Abancay – Apurímac - Perú

2024



# Universidad Tecnológica de los Andes

Transformando vidas

## ACTA DE EXAMEN DE TITULACIÓN N°029-2024-EPIC-FI- UTEA- SA

Reunidos el Jurado Evaluador constituido por los señores Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Tecnológica de los Andes:

- |                                    |              |
|------------------------------------|--------------|
| ➤ Dra. Rosa Marina VERA TEVES      | PRESIDENTE   |
| ➤ Ph.D. Abbon Alex VÁZQUEZ RAMÍREZ | DICTAMINANTE |
| ➤ Ing. Holguer CAYO BACA           | REPLICANTE   |

y el (la) postulante al TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (a) CIVIL,  
Bachiller: CAHUANA INCA, Yaneth con código de  
matrícula N°201210538-G.

Ha cumplido con las exigencias del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos de la Universidad Tecnológica de los Andes, aprobado mediante resolución del Vicerrectorado Académico N°002-2024-UTEA-VRAC, de fecha 23 de enero del año 2024, respecto a la sustentación de tesis, para optar al título profesional de Ingeniero Civil.

SUSTENTACIÓN DE TESIS titulado: "Influencia de incorporación de fibras de vidrio, poliestireno y acero en el concreto  $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento tipo HE, Abancay-2023", habiendo aprobado con la nota de trece (13).

Se expide, la presente conforme al Libro de Actas de Sustentación de Tesis, consignado en los folios N° 291.

Abancay, 17 de octubre 2024.

Dra. Rosa Marina VERA TEVES  
PRESIDENTE

Ph.D. Abbon Alex VÁZQUEZ RAMÍREZ  
DICTAMINANTE

Ing. Holguer CAYO BACA  
REPLICANTE

# Influencia de incorporación de fibras de vidrio, poliestireno y acero en el concreto $f'_c=280$ kg/cm<sup>2</sup> con cemento tipo HE, Abancay-2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>16%</b>	<b>15%</b>	<b>1%</b>	<b>11%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.utea.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>4%</b>
<b>2</b>	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>3</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>3%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.ucsm.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>Submitted to Universidad Ricardo Palma</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>

## Metadatos complementarios

<b>Datos del Autor</b>		
Apellidos y nombres	:	Cahuana Inca Yaneth
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	76038792
URL ORCID	:	<a href="https://orcid.org/0009-0005-7840-750X">https://orcid.org/0009-0005-7840-750X</a>
<b>Datos del Asesor</b>		
Apellidos y nombres	:	Maldonado Mendivil Ángel
Tipo de Documento de Identidad	:	DNI
Número de Documento de Identidad	:	06788424
URL ORCID	:	<a href="https://orcid.org/0000-0001-9002-1910">https://orcid.org/0000-0001-9002-1910</a>
<b>Datos de la investigación</b>		
Facultad	:	Ingeniería
Escuela Profesional	:	Ingeniería Civil
Línea de Investigación	:	Gestión de la Infraestructura para el Desarrollo Sostenible
Rango de años en que se realizó la investigación	:	2023
Fuente de financiamiento	:	Auto Financiado
Porcentaje de similitud	:	16%
URL de OCDE	:	<a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a>

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser la luz de mi vida, por darme las fuerzas para salir adelante en los buenos y difíciles momentos de mi vida, y darme salud para cumplir cada uno de mis objetivos.

A mi querida **Madre Esther** y querido **Papá Rosendo** que, con el apoyo y consejos permanentes durante mi vida y formación profesional, dándome fortaleza para salir adelante.

A mis hermanos **Mirian, Lenin y Lucy**, por estar continuamente brindando sabias lecciones en mi vida.

**Bach. YANETH CAHUANA INCA**

## **Agradecimiento**

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Tecnológica de los Andes y a los maestros de la carrera Profesional de Ingeniería quienes con su apoyo científico y tecnológico ha hecho posible la culminación de nuestra carrera profesional.

Mi especial agradecimiento al MSc. Ángel Maldonado Mendivil, asesor de la presente Tesis; quien con su apoyo incondicional y su compromiso constante en la búsqueda del conocimiento se ha hecho posible la culminación del presente proyecto de Tesis en la que volcamos nuestras inquietudes y experiencias.

## Resumen

El objetivo de esta tesis fue analizar la influencia de las propiedades de flexo-compresión del concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  incorporando fibras de vidrio, poliestireno y acero, con el propósito de identificar el uso más óptimo de estos elementos estructurales en la ciudad de Abancay. La metodología fue cuantitativa y correlacional para identificar las diferencias entre las mezclas. Los resultados para la resistencia a la compresión del concreto con fibras añadidas a los 7, 14 y 28 días fueron los siguientes: fibra de vidrio al 1.5%: 199.49, 266.75 y 306.16  $\text{kg/cm}^2$ ; fibra de vidrio al 3.5%: 213.24, 269.37 y 318.27  $\text{kg/cm}^2$ ; fibra de poliestireno al 10%: 388.96, 214.12 y 262.46  $\text{kg/cm}^2$ ; fibra de poliestireno al 15%: 414.85, 202.20 y 248.99  $\text{kg/cm}^2$ ; con fibra de acero al 5%: 199.49, 243.42 y 294.68  $\text{kg/cm}^2$ ; fibra de acero al 10%: 213.24, 263.00 y 310.99  $\text{kg/cm}^2$ . En cuanto a la resistencia a la flexión los resultados son : fibra de vidrio al 1.5%: 13.17, 15.47 y 53.58  $\text{kg/cm}^2$ ; fibra de vidrio al 3.5%: 14.07, 16.70 y 57.29  $\text{kg/cm}^2$ ; fibra de poliestireno al 10%: 8.56, 11.34 y 43.31  $\text{kg/cm}^2$ ; fibra de poliestireno al 15%: 10.37, 11.73 y 42.08  $\text{kg/cm}^2$ ; Fibra de acero al 5%: 12.93, 14.60 y 53.04  $\text{kg/cm}^2$ ; Fibra de acero al 10%: 14.07, 15.79 y 55.99  $\text{kg/cm}^2$ . Se observó que las fibras de acero y vidrio aumentaron la resistencia a la flexión en un 12,67% y un 27,40%, mientras que las fibras de poliestireno redujeron la resistencia en un 22%.

**Palabras claves:** Resistencia a la compresión, Adición de Fibra, Concreto

### *Abstract*

The objective of this thesis was to analyze the influence of the flexo-compression properties of concrete  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  incorporating glass, polystyrene and steel fibers, with the purpose of identifying the most optimal use of these structural elements in the City of Abancay. The methodology was quantitative and correlational to identify the differences between the mixtures. The results for the compressive strength of concrete with fibers added at 7, 14 and 28 days were the following: 1.5% fiberglass: 199.49, 266.75 and 306.16  $\text{kg/cm}^2$ ; 3.5% fiberglass: 213.24, 269.37 and 318.27  $\text{kg/cm}^2$ ; 10% polystyrene fiber: 388.96, 214.12 and 262.46  $\text{kg/cm}^2$ ; 15% polystyrene fiber: 414.85, 202.20 and 248.99  $\text{kg/cm}^2$ ; with 5% steel fiber: 199.49, 243.42 and 294.68  $\text{kg/cm}^2$ ; 10% steel fiber: 213.24, 263.00 and 310.99  $\text{kg/cm}^2$ . Regarding bending resistance, the results are: 1.5% fiberglass: 13.17, 15.47 and 53.58  $\text{kg/cm}^2$ ; 3.5% fiberglass: 14.07, 16.70 and 57.29  $\text{kg/cm}^2$ ; 10% polystyrene fiber: 8.56, 11.34 and 43.31  $\text{kg/cm}^2$ ; 15% polystyrene fiber: 10.37, 11.73 and 42.08  $\text{kg/cm}^2$ ; 5% steel fiber: 12.93, 14.60 and 53.04  $\text{kg/cm}^2$ ; 10% steel fiber: 14.07, 15.79 and 55.99  $\text{kg/cm}^2$ . It was noted that steel and glass fibers increased the flexural strength by 12.67% and 27.40%, respectively, while polystyrene fibers reduced the strength by 22%.

**Keywords:** Compressive strength, Fiber Addition, Concrete

## Índice General

<b>Portada .....</b>	<b>i</b>
<b>Acta de sustentación .....</b>	<b>ii</b>
<b>Reporte de similitud .....</b>	<b>iii</b>
<b>Metadatos complementarios .....</b>	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>v</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>vi</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>viii</b>
<b>Índice General.....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Tablas.....</b>	<b>xi</b>
<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice de Anexos .....</b>	<b>xv</b>
<b>I. Introducción .....</b>	<b>16</b>
<b>II. Planteamiento del problema .....</b>	<b>17</b>
2.1 Descripción y formulación del problema .....	17
2.2 Objetivos.....	19
2.2.1 Objetivo General.....	19
2.2.2 Objetivos Específicos.....	19
2.3 Justificación e importancia .....	20
2.4 Hipótesis .....	20

2.5 Variables.....	21
<b>III. Marco Teórico.....</b>	<b>23</b>
3.1 Antecedentes.....	23
3.2 Bases teóricas .....	25
3.3 Definición de términos .....	26
<b>IV. Metodología.....</b>	<b>49</b>
4.1 Tipo y nivel de investigación.....	49
4.2 Ámbito temporal y espacial.....	49
4.3 Población y muestra .....	50
4.4 Instrumentos .....	52
4.5 Procedimiento.....	52
4.6 Análisis de datos.....	53
4.7 Consideraciones éticas.....	55
<b>V. Resultados y discusión.....</b>	<b>56</b>
<b>VI. Conclusiones.....</b>	<b>89</b>
<b>VII. Recomendaciones.....</b>	<b>91</b>
<b>VIII. Referencias .....</b>	<b>94</b>
<b>IX. Anexos.....</b>	<b>99</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Tamices para el análisis granulométrico .....	28
<b>Tabla 2.</b> Clases de mezcla según su asentamiento.....	37
<b>Tabla 3.</b> Edad de rotura de cilindros de ensayo .....	39
<b>Tabla 4.</b> Cantidad de testigos de concreto para el ensayo de la resistencia a la compresión. .....	51
<b>Tabla 5.</b> Cantidad de testigos para el ensayo de la resistencia a la flexión .....	51
<b>Tabla 6.</b> Resultados de las muestras sometidas a la compresión a los 7 días de edad.....	56
<b>Tabla 7.</b> Matriz de correlaciones para la edad de 7 días (variable: de acero).....	57
<b>Tabla 8.</b> Regresión simple para la edad de 7 días (variable: fibra de acero) .....	57
<b>Tabla 9.</b> Matriz de correlaciones para la edad de 7 días (variable: fibra de vidrio) .....	59
<b>Tabla 10.</b> Regresión lineal para la edad de 7 días (variable: fibra de vidrio).....	59
<b>Tabla 11.</b> Matriz de correlaciones para la edad de 7 días (variable: fibra de poliestireno) 61	
<b>Tabla 12.</b> Matriz de correlaciones para la edad de 7 días (variable: fibra de poliestireno) 61	
<b>Tabla 13.</b> Resumen de resultados de resistencia a la compresión para las variables de adición de fibras a los 14 días de edad. ....	63
<b>Tabla 14.</b> Matriz de Correlaciones para la edad de 14 días (variable: adición de fibra de acero) .....	64
<b>Tabla 15.</b> Matriz de Correlaciones para la edad de 14 días (variable: adición de fibra de acero) .....	65
<b>Tabla 16.</b> Matriz de correlaciones para la edad de 14 días (variable: adición de fibra de vidrio) .....	66
<b>Tabla 17.</b> Regresión de variable para la edad de 14 días (variable: adición de fibra de vidrio) .....	66

<b>Tabla 18.</b> Matriz de correlaciones para la edad de 14 días (variable: adición de fibra de poliestireno).....	67
<b>Tabla 19.</b> Regresión simple de la resistencia a la compresión correspondiente a la adición de la variable poliestireno.....	68
<b>Tabla 20.</b> Resumen de Resistencia a la compresión a los 28 días de edad.....	69
<b>Tabla 21.</b> Matriz de correlaciones para fibra de acero.....	70
<b>Tabla 22.</b> Regresión lineal correspondiente a los resultados de la Resistencia a la compresión de la variable de fibra de acero.....	71
<b>Tabla 23.</b> Matriz de correlaciones de los resultados obtenidos para la resistencia a la compresión de la adición de fibra de vidrio. ....	72
<b>Tabla 24.</b> Resultados de la regresión simple de la Resistencia a la compresión de la variable fibra de vidrio.....	73
<b>Tabla 25.</b> Matriz de Correlaciones de los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión para la variable de adición de fibras de poliestireno.....	74
<b>Tabla 26.</b> Resultados de la regresión simple de la Resistencia a la compresión de la variable fibra de poliestireno.....	75
<b>Tabla 27.</b> Resultados del ensayo a flexión de viguetas de concreto adicionando con fibra de acero para viguetas edad de 7, 14 y 28 días.....	77
<b>Tabla 28.</b> Resultados de la resistencia a flexión de concreto adicionado con fibra de vidrio para viguetas edad de 7, 14 y 28 días.....	79
<b>Tabla 29.</b> Resultados de la resistencia a flexión de concreto adicionado con fibra de poliestireno para viguetas edad de 7, 14 y 28 días. ....	81

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Resultados a los 7 días de edad .....	56
<b>Figura 2.</b> Coeficientes estandarizados para 7 días de edad (variable: Fibra de acero).....	58
<b>Figura 3.</b> Umbral de errores para 7 días de edad (variable: Fibra de acero) .....	58
<b>Figura 4.</b> Coeficientes estandarizados para la edad de 7 días (variable: fibra de vidrio) ...	60
<b>Figura 5.</b> Umbral de error para la edad de 7 días (variable: fibra de vidrio).....	60
<b>Figura 6.</b> Coeficientes estandarizados para la edad de 7 días (variable: fibra de poliestireno) .....	62
<b>Figura 7.</b> Umbral de error para la edad de 7 días (variable: fibra de poliestireno) .....	62
<b>Figura 8.</b> Resultados a los 14 días de edad .....	64
<b>Figura 9.</b> Coeficientes estandarizados para la edad de 14 días (variable: fibra de acero)..	65
<b>Figura 10.</b> Umbral de error para la edad de 14 días (variable: fibra de acero).....	66
<b>Figura 11.</b> Coeficientes estandarizados edad de 14 días (variable: adición de fibra de vidrio) .....	67
<b>Figura 12.</b> Coeficientes estandarizados edad de 14 días (variable: adición de fibra de poliestireno).....	68
<b>Figura 13.</b> Resultados a los 28 días de edad .....	70
<b>Figura 14.</b> Coeficientes estandarizados edad de 28 días (variable: adición de fibra de acero) .....	71
<b>Figura 15.</b> Umbral de error a la edad de 28 días (variable: adición de fibra de acero) .....	72
<b>Figura 16.</b> Coeficientes estandarizados edad de 28 días (variable: adición de fibra de vidrio) .....	73
<b>Figura 17.</b> Umbral de error a la edad de 28 días (variable: adición de fibra de vidrio) .....	74
<b>Figura 18.</b> Coeficientes estandarizados para 28 días de edad (variable: Fibra de poliestireno) .....	75

<b>Figura 19.</b> Umbral de error a la edad de 28 días (variable: adición de fibra de poliestireno)	76
<b>Figura 20.</b> Resistencia a flexión adicionando fibra de acero. Edad 7, 14 y 28 días	77
<b>Figura 21.</b> Resistencia a flexión adicionando fibra de vidrio. Edad 7, 14 y 28 días	79
<b>Figura 22.</b> Resistencia a flexión adicionando fibra de poliestireno. Edad 7, 14 y 28 días.	81

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1.</b> Matriz de consistencia .....	100
<b>Anexo 2.</b> Matriz de Operacionalización de Variables.....	102
<b>Anexo 3.</b> Validación de instrumentos por juicio de expertos.....	104
<b>Anexo 4.</b> Ficha de recolección de datos para .....	145
<b>Anexo 5.</b> Ficha de recolección de datos determinar la resistencia a la comprensión y flexión .....	156
<b>Anexo 6.</b> Panel fotográfico.....	159
<b>Anexo 7.</b> Resultados de ensayos de laboratorio .....	198
<b>Anexo 8.</b> Certificados de calibración de equipos .....	234
<b>Anexo 9.</b> Ficha técnica del cemento.....	252

## **I. Introducción**

La incorporación de fibras de vidrio, poliestireno y acero en el concreto  $f_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> con el propósito de identificar el uso más óptimo de estos en los elementos estructurales. Por consiguiente, la presente tesis analiza la influencia de la adición de estas fibras con cemento HE. Realizado en la ciudad de Abancay durante el año 2023, se propuso analizar y comparar con el concreto patrón con adición de diferentes porcentajes para fibra de vidrio en 1.5% y 3.5%, fibra de poliestireno en 10% y 15% y fibra de acero en 5% y 10%, específicamente la resistencia a la flexo-compresión.

La tesis cuenta con 5 capítulos: Capítulo I comprende la introducción del tema de investigación. Capítulo II comprende la contextualización del planteamiento del problema, desarrollando una explicación del problema, la justificación para esta tesis y la formulación de la hipótesis general y específica. Capítulo III abarca la elaboración del marco teórico, los antecedentes que preceden a este tema investigación, las bases teóricas y la definición de términos. Capítulo IV aborda el desarrollo metodología de la investigación, el tipo, el nivel y el ámbito de la investigación, la población y muestra, la caracterización de los instrumentos y el procedimiento de estadística que se aplicó. Capítulo V contiene la discusión de los resultados, así mismo las recomendaciones finales de esta tesis.

## **II. Planteamiento del problema**

### **2.1 Descripción y formulación del problema**

De acuerdo con Harmsen (2017), los tiempos requeridos para remover los encofrados de elementos estructurales soportados con la luz libre es inferior a seis metros, el tiempo para retirar los encofrados es de catorce días, y si es superior a seis metros, es de veintiún días. Para mejorar los tiempos de construcción, se debe procurar reducir la duración de la remoción de encofrados, como en el caso de edificios de múltiples niveles, departamentos y otros proyectos similares.

Otro inconveniente que aparece es el tiempo requerido para construir pavimentos urbanos en vías colectoras, ya que estas estructuras deben ser puestas en servicio en un lapso de tiempo corto debido a su importancia en el desarrollo social y económico de las comunidades, siendo una situación en la que es necesario acelerar el proceso constructivo.

Para solucionar estos inconvenientes, el concreto debe poseer una elevada resistencia inicial a la compresión. Por lo tanto, los diseños de la mezcla deben cumplir con este requisito. Otra solución es el uso del cemento HE, el cual se ajusta a los lineamientos de la norma NTP 334.082 y ASTM C 1157, y contribuye a conseguir una alta resistencia inicial para el concreto.

La incorporación de fibras en la composición del concreto es un método que se empezó a utilizar en países con altas variaciones climáticas como Guatemala, Colombia, Ecuador, entre otros; donde algunos concretos son mejorados con adición de fibras metálicas que pueden ampliar su resistencia a la compresión o tracción y otros como los poliméricos mejoran su resistencia a la compresión plástica, o fisuración. Estas fibras pueden tener diversos comportamientos de acuerdo con el tipo de material y a las propiedades mecánicas que adquieran al ser adicionados al concreto.

Para este estudio será necesario conocer las propiedades mecánicas en los concretos, pues se requiere determinar su comportamiento tanto en estado fresco como en estado endurecido, al tener o no adiciones.

En cuanto a las propiedades del concreto en estado endurecido se permite demostrar el grado de composición más idónea para definir su resistencia mecánica y que le permita alargar su vida útil de forma que soporte las diferentes acciones que presente todo tipo de elemento estructural, entre estos ensayos se determina la resistencia a la compresión. (Niño, 2010).

La principal diferencia entre el cemento HE y el cemento IP es la resistencia. El cemento HE es un tipo de cemento de alta resistencia, mientras que el cemento IP es un tipo de cemento de baja resistencia. Esto significa que el cemento HE estará mejor preparado para soportar presiones y esfuerzos más altos, mientras que el cemento IP estará mejor preparado para soportar presiones y esfuerzos más bajos. Dentro de las características que ofrece el cemento tipo HE como son: Resistencia a la sulfatación, corrosión, compresión, abrasión y mejora la trabajabilidad.

Actualmente en la ciudad de Abancay no se cuenta con la comercialización del cemento tipo HE debido a que recientemente está siendo usado en otras regiones del País, es por ello que la presente tesis propone realizar los estudios pertinentes de este nuevo cemento para su aplicación en la ciudad de Abancay, así mismo es de interés investigar el uso del mismo con incorporación de fibras de vidrio, poliestireno y acero, para generar nuevas características para el concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .

Las características que aportan las fibras de vidrio al concreto son: mayor estabilidad, resistencia a cambios de temperatura, resistencia al impacto, resistencia a la corrosión.

Las características que aportan las fibras de poliestireno al concreto son: aligera el peso, resistencia al impacto, resistencia a la tracción, resistencia a la corrosión.

Las características que aportan las fibras de acero al concreto son: resistencia a la corrosión, resistencia al impacto, mayor durabilidad.

➤ **Problema General**

¿De qué manera influye la incorporación de fibras de vidrio, poliestireno y acero en las propiedades a **flexo-compresión** en el concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  con cemento tipo HE?

➤ **Problemas Específicos**

- a) ¿En qué medida influye la incorporación de fibras de vidrio en la **resistencia a flexo-compresión** del concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE?
- b) ¿En qué medida influye la incorporación de fibras de poliestireno en la **resistencia a flexo-compresión** del concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE?
- c) ¿En qué medida influye la incorporación de fibras de acero en la **resistencia a flexo-compresión** del concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE?

## 2.2 **Objetivos**

### 2.2.1 **Objetivo General**

**Analizar** la influencia de la incorporación de fibras de vidrio, poliestireno y acero en la resistencia de concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.

### 2.2.2 **Objetivos Específicos**

- a) **Determinar** la influencia de incorporación de la fibra de vidrio en la **resistencia a flexo-compresión** de concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.
- b) **Determinar** la influencia de incorporación de la fibra de poliestireno en la **resistencia a flexo-compresión** de concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.
- c) **Determinar** la influencia de incorporación de las fibras de acero en la **resistencia a flexo-compresión** de concreto  $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.

## 2.3 Justificación e importancia

### Justificación

La incorporación de fibras de diversos materiales en las mezclas de concreto en la ciudad de Abancay es un método relativamente nuevo y su uso es escaso debido a la poca información que se tiene sobre el uso de estas fibras, las propiedades que las fibras aportan y los beneficios que éstas dan a la mezcla de concreto, ya que nos brindan un mejor comportamiento del concreto e incrementan sus propiedades mecánicas.

En la ciudad de Abancay no tenemos muchas estructuras hechas con este tipo de mezclas con adiciones de fibras de vidrio, poliestireno y acero, y al siempre estar en pleno desarrollo, este tipo de mezclas proporcionan una opción más para poder desarrollar mejores estructuras y/o edificaciones, es una alternativa más para poder empezar a construir proyectos de gran envergadura y conocer los beneficios de estas.

### Importancia

La presente tesis es importante y viable porque actualmente se cuenta con el acceso a la normativa vigente para la realización de los ensayos, además de contar con los laboratorios pertinentes para la correcta utilización de las metodologías descritas en la normativa así mismo la manipulación y la utilización de los materiales que serán requeridos para la elaboración de la presente tesis.

## 2.4 Hipótesis

### ➤ Hipótesis general

La adición de distintos tipos de fibras como el acero, poliestireno y vidrio, mejoran la resistencia a flexo-compresión en diferentes proporciones del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.

➤ **Hipótesis específicas**

- a) Las propiedades mecánicas del concreto con fibras de vidrio reflejan una mejora en la resistencia a flexo-compresión y resistencia al impacto en diferentes proporciones.
- b) Las propiedades mecánicas del concreto con fibras de poliestireno muestran una mejora en la resistencia a flexo-compresión del concreto en diferentes proporciones.
- c) Las propiedades mecánicas del concreto con fibras de acero evidencian un aumento en la resistencia a flexo-compresión en diferentes proporciones.

## 2.5 Variables

➤ **Variable independiente (VI)**

Porción en porcentaje de fibras de vidrio, poliestireno y acero.

➤ **Variable dependiente (VD)**

Resistencia a la flexo-compresión

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Metodología	Instrumentos
Independiente	Independiente	Independiente			
Cantidad porcentual de fibras de vidrio, poliestireno y acero	<b>Fibras de vidrio:</b> Diseñadas para ser inertes a los álcalis de los cementos y a la reacción que este tiene con el agua.	%	Cantidad de Fibra de Vidrio	Comparación de porcentajes	<b>NTP 339.204</b>  <b>ASTM-1116</b>
	<b>Fibras de Poliestireno:</b> Mejorar el desempeño post agrietamiento de los elementos de concreto sometidos a flexión y tensión.	%	Cantidad de Fibra de Poliestireno	Comparación de porcentajes	
	<b>Fibras de acero:</b> Para una mejor adherencia al concreto y aumento de resistencia.	%	Cantidad de Fibra de Acero	Comparación de porcentajes	
Dependiente	Dependiente	Dependiente			
Propiedades del concreto	<b>Propiedades del concreto:</b> Son aquellas propiedades presentes en el concreto desde el punto de fragua, estas propiedades muestran de forma directa las propiedades mecánicas.	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a la flexo-compresión	Prensa Hidráulica	<b>NTP 339.034</b>  <b>NTP 339.078</b>

### III. Marco Teórico

#### 3.1 Antecedentes

##### *Investigaciones a nivel internacional*

(Zapata & Arango, 2013), en la Tesis de grado: *“Influencia de la Fibra de Vidrio en las Propiedades Mecánicas de Mezclas de Concreto”*, El estudio realizado en la Universidad EAFIT, Colombia, para optar al título de Ingeniero Civil, investigó la resistencia a la compresión de mezclas de concreto con porcentajes de fibra de vidrio del 0.5%, 1%, 1.5%, 2% y 2.5% del peso total de la mezcla. Se concluyó que la fibra de vidrio mejora la resistencia a la compresión hasta un 1% de fibra, pero al aumentar la cantidad, la resistencia en compresión disminuye.

(Huaman, 2015) en la tesis de grado: *“Comportamiento Mecánico del Concreto Reforzado con Fibra de Vidrio”* de la Universidad Nacional de Cajamarca; para optar el título de Ingeniero Civil. Se concluye que para proporciones de fibra de vidrio del 0.125%, 0.25% y 0.5%, se observa una ligera disminución en el peso unitario. Sin embargo, al aumentar la proporción de fibras de vidrio en la mezcla de concreto (0.5%), se logra una mejora en la resistencia a la compresión. Este incremento es pequeño, y el porcentaje de variación de la resistencia varía entre el 2,03% con la dosis más baja y el 5,05% con la dosis más alta.

(García, 2018) en la tesis de grado: *“Diseño de concreto  $f'c$  140, 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>, adicionando fibra de acero, utilizando agregado de la cantera Naranjillo, distrito de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, región San Martín”*, de la Universidad de San Martín-Tarapoto, para optar el título de Ingeniero Civil. Se determinaron que, al incorporar fibras de acero en proporciones de 1.20%, 3.2% y 5.2% en la mezcla de concreto, y evaluar su comportamiento y propiedades mecánicas, el concreto mostró una mayor resistencia y compactación. Con un control de resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, el concreto presentó un mejor

desempeño en tracción y flexión. La rotura óptima al comparar con las muestras sin fibras de acero fue de 4.18%, 6.82% y 11.59%.

### ***Investigaciones a nivel nacional***

(Flores & Mendoza, 2020) en la tesis denominada ***“Análisis de la correlación del módulo de rotura (MR) v.s. la resistencia a tracción indirecta ( $f_t$ ) y compresión ( $f_c$ ) de concreto  $f_c = 280, 300, 350, 420 \text{ kgf/cm}^2$  para pavimento rígido con fibras de poliestireno y fibras metálicas a los 7, 14 Y 28 días de edad en la Av. Metropolitana de la ciudad de Arequipa”*** sustentado en la Universidad Católica de Santa María para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil; el objeto principal de estudio es el análisis de concretos con  $f_c = 280, 300, 350$  y  $420 \text{ kgf/cm}^2$  para pavimento rígido con fibras de poliestireno y metálicos. La problemática relacionada con el estado del arte se enfoca en las relaciones existentes entre las propiedades del concreto y cómo estos responden ante la adición de diferentes tipos de fibra.

(Ñaupas & Sosa, 2019) en la tesis denominada ***“Comportamiento mecánico del concreto reforzados con fibra de acero en el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del centro médico San Conrado en los Olivos, Lima – Perú”*** sustentado en la Universidad San Martín de Porres para obtener el Título Profesional de Ingeniería Civil; La principal problemática se especifica con el siguiente enunciado: ¿Cómo influye el comportamiento mecánico del concreto reforzado con fibra de acero en el análisis estructural de las placas en el proyecto de ampliación del Centro Médico de San Conrado en los Olivos? El objeto principal de estudio es el análisis del concreto reforzado con fibra de acero en las placas del proyecto mencionado. En cuanto a la problemática relacionada con el estado del arte, se plantea la siguiente pregunta: ¿Qué tipos de fibras se pueden utilizar como aditivos en mezclas de concreto para mejorar sus propiedades físico-mecánicas?

### 3.2 Bases teóricas

**NTP 339.204:** “Especificación normalizada del concreto reforzado con fibra”

**ASTM C-1116:** “Standard Specification for Fiber-Reinforced Concrete”

**NTP 339.035:** “Método de ensayo para la medición del asentamiento del concreto de cemento Portland”

**NTP 339.081:** “Método de ensayo volumétrico para determinar el contenido de aire del concreto fresco”

**NTP 339.184:** “Método de ensayo normalizado para determinar la temperatura de mezclas de concreto”

**NTP 339.046:** “Método de ensayo para determinar la densidad (peso unitario), rendimiento y contenido de aire (método gravimétrico) del concreto”

**NTP 339.034:** “Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas”

**NTP 339.078:** “Método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión del concreto en vigas simplemente apoyadas con cargas a los tercios del tramo”

**ASTM C-496:** “Método de Ensayo Normalizado para determinar la tracción por hendimiento de las probetas cilíndricas de hormigón”

**NTP 339.084:** “Método de ensayo para determinar la resistencia a la tracción por compresión diametral”

**ASTM C-157:** “Standard Test Method for Length Change of Hardened Hydraulic-Cement Mortar and Concrete”

### 3.3 Definición de términos

#### ➤ **Cemento Convencional**

“El cemento Portland es un producto comercial de fácil adquisición el cual cuando se mezcla con agua, ya sea solo o en combinación con arena, piedra u otros materiales similares, tiene la propiedad de reaccionar lentamente con el agua hasta formar una masa endurecida. Esencialmente es un clinker finamente molido, producido por la cocción a elevadas temperaturas, de mezclas que contienen cal, alúmina, fierro y sílice en proporciones determinadas.” (ABANTO, 2009, pág. 15)

- **Características del cemento Portland.**

“El cemento Portland es un polvo de color gris, más o menos verdoso. Se vende en bolsas que tienen un peso neto de 42.5 kg. y un pie cúbico de capacidad. En aquellos casos en que no se conozca el valor real se considerará para el cemento un peso específico de 3.15.” (ABANTO, 2009, pág. 16)

- **Clasificación del cemento Portland.**

Según (ABANTO, 2009) A nivel mundial, existen cinco tipos de cemento Portland, los cuales están normalizados por la American Society for Testing and Materials (ASTM), bajo la norma C 150 para cemento Portland.

TIPO I: Es el cemento destinado a obras de concreto en general, cuando en las mismas no se especifica la utilización de los otros 4 tipos de cemento.

TIPO II: Es el cemento destinado a obras de concreto en general y obras expuestas a la acción moderada de sulfatos o donde se requiere moderado calor de hidratación.

TIPO III: Es el cemento de alta resistencia inicial. El concreto hecho con el cemento tipo III desarrolla una resistencia en tres días igual a la desarrollada en 28 días por concretos hechos con cemento tipo 1 o tipo 11.

TIPO IV: Es el cemento del cual se requiere bajo calor de hidratación.

TIPO V: Es el cemento del cual se requiere alta resistencia a la acción de los sulfatos. Las aplicaciones típicas comprenden las estructuras hidráulicas expuestas a aguas con alto contenido de álcalis y estructuras expuestas al agua de mar.

Según la norma NTO 334.082 y ASTM C 1157, clasificado el cemento Tipo HE.

TIPO HE: Es un cemento de última generación, elaborado bajo los más altos estándares de industria cementera, colaborando con el cuidado del medio ambiente, debido a que su producción se reduce la emisión de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a la reducción de los gases con efecto invernadero. Por su formulación especial, proporciona al concreto las siguientes propiedades de alta resistencia inicial, aumento de impermeabilidad, menor calor de hidratación y mayor plasticidad y trabajabilidad en concretos.

#### ➤ **Elementos agregados**

Según (ABANTO, 2009) los agregados son materiales áridos inertes que, al combinarse con aglomerantes como el cemento, la cal y otros, junto con agua, forman concretos o morteros. Su importancia radica en que representan aproximadamente el 75% del volumen de una mezcla convencional de concreto. (pág. 23)

#### • **Clasificación de los agregados.**

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP), los agregados pueden clasificarse según su composición granulométrica, su peso y unidad de volumen (densidad), o su naturaleza mineralógica. (NTP, 2008, pág. 7)

##### a. Clasificación por su granulométrica

Se clasifican según su granulometría y estos pueden ser agregado grueso y agregado fino. A continuación, se muestra 13 tamaños nominales los cuales están de acuerdo con sus respectivos tamices a utilizar para el análisis granulométrico según la NTP 400.011.

**Tabla 1.***Tamices para el análisis granulométrico*

Agregado	Tamices Normalizados	
Fino	150 um	Nº 100
	300 um	Nº 50
	600 um	Nº 30
	1.18 mm	Nº16
	2.36 mm	Nº8
	4.75 mm	Nº4
Grueso	9.50 mm	3/8
	12.5 mm	½
	19.0 mm	¾
	25.0 mm	1
	37.5 mm	1 ½
	50.0 mm	2
	63.00 mm	2 ½
	75.0 mm	3
	90.0 mm	3 ½
	100.0 mm	4

*Nota: Envase a la Norma Técnica Peruana 400.011 (2008)*

b. Según su naturaleza

Se pueden clasificar según su naturaleza en tres grupos:

*Agregado Caliza:* es de uso comercial y económica en los procesos de trituración, debido a la facilidad que tiene de pulimentarse, su carácter básico es por se regularmente adhesivo con los ligantes asfálticos.

*Agregado Silíceos:* Proveniente de trituración de gravas naturales, de uso común y tiene una amplia utilización en las capas finas.

*Agregado Ígneos y Metamórficos:* Caracterizado por ser utilizado como agregado grueso en las capas de rodadura (Bazalar La Puerta & Cadenillas Calderón, 2019, pág. 39)

- **Propiedades físicas y mecánicas de los agregados.**

Los agregados están estrechamente relacionados con sus propiedades físicas y mecánicas, ya que estos parámetros determinan la calidad y las características necesarias para la elaboración de un concreto.

- a) **Análisis granulométrico del agregado fino y grueso.**

Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016): el análisis granulométrico permite determinar la gradación de los materiales propuestos para su uso como agregados. Los resultados obtenidos se utilizan para establecer la distribución y el tamaño de las partículas, los cuales se comparan con los requisitos mínimos establecidos por la Norma Técnica Peruana. (pág. 303).

Equipos:

Los equipos que se utilizarán:

- La balanza utilizada en el ensayo de agregado fino y grueso debe cumplir con los requisitos establecidos de la NTP 350.011
- Los tamices deben ser montados sobre estructuras fabricadas para evitar la pérdida de material durante el procedimiento.
- Agitador mecánico de tamices, este equipo debe disponer de un movimiento mecánico vertical o lateral sobre el tamiz, lo que provoca que las partículas salten y se pudran, adoptando diferentes orientaciones. (NTP 400.012, 2001, pág. 4)

- b) **Método de ensayo para determinar peso unitario.**

Según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016). Este método se utiliza para calcular el peso unitario con el fin de diseñar mezclas para concretos. También permite determinar la relación masa/volumen para realizar conversiones en contratos de compra, cuando se desconoce la relación entre el grado de compactación del agregado en una unidad

de transporte o almacenamiento, en comparación con los resultados obtenidos mediante este ensayo que estable.

### Equipos

Según (NTP 400.017, 2011) se utilizará:

- Una balanza con una precisión del 0,1% de la carga de ensayo, con un rango de uso adecuado y una graduación inferior  $< 0.05$  kg.
- Una varilla de apisonado con sección redondeada, de 16 mm de diámetro y aproximada de 600 mm de longitud.
- Un recipiente metálico de forma cilíndrica, sellado de manera hermética.
- Una pala de tamaño apropiado para poder llenar el recipiente. (pág. 4)

### Procedimiento:

Según (NTP 400.017, 2011) El proceso a seguir es:

- Ajustar la superficie utilizando los dedos. Compactar la capa de agregado con 25 golpes distribuidos uniformemente sobre la superficie, usando la varilla de apisonado.
- Rellenar el recipiente hasta alcanzar dos tercios de su capacidad total, luego nivelar y apisonar de la misma forma.
- Por último, llene el recipiente por encima de - volumen y apisonar. (pág. 8)

### *Procedimiento para peso suelto:*

- Rellenar el recipiente hasta que sobresalga, utilizando una pala o cucharón.
- Vierta el agregado desde una altura que no supere los 50 mm por encima del borde superior del recipiente. Ten cuidado de evitar, en la medida de lo posible, la segregación de las partículas que componen la muestra.
- Por último, determine la masa del recipiente con su contenido y la masa del recipiente vacío, registrando los valores de 0.05 kg. (pág. 10)

**c) Método de prueba para determinar el peso específico y la absorción de los agregados.**

De acuerdo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016) tiene el propósito de determinar:

- El peso específico seco,
- El peso específico saturado con superficie seca,
- El peso específico aparente y
- La absorción de los agregados. (pág. 312)

Según la (NTP 400.021, 2002) Para el agregado grueso:

Equipos:

- Una balanza con sensibilidad de 0,5 gr. y capacidad de 5000 gramos o superior, equipada con un dispositivo que permite suspender la muestra en una cesta con malla de alambre dentro del recipiente con agua, centrada sobre la placa.
- Una cesta de malla de alambre con aberturas correspondientes al tamiz N° 6 o de menor tamaño, junto con un recipiente con agua para sumergir la cesta de alambre.
- Tamices normalizados de acuerdo a la NTP 350.001.
- Estufa que sea capaz de mantener una temperatura constante. (pág. 4)
- De acuerdo a la (NTP 400.021, 2002) su propósito es determinar:
- Secar a una temperatura uniforme.
- Sumergir el agregado en agua a temperatura ambiente durante un período de 24 h.
- Retirar la muestra del agua y hacerla rodar sobre un paño grande y absorbente, hasta que desaparece todas las partículas de agua visible, se obtendrá el peso de la muestra bajo condiciones de saturación con superficie seca.
- Coloque inmediatamente la muestra saturada con superficie seca en la cesta de alambre y determine su peso en agua entre  $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , densidad  $997 \pm 2\text{ kg/m}^3$

- Secar la muestra hasta que su peso sea constante, a una temperatura entre  $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , y luego enfriarla a temperatura ambiente durante 1 a 3 horas o hasta que el agregado alcance una temperatura cómoda al tacto y se pesa. (pág. 6)

*Para el agregado fino*

Lista de Equipos:

- Balanza con capacidad de 1 kg o mayor; junto con un picnómetro, frasco u otro recipiente adecuado para introducir rápidamente la muestra de agregado fino pueda ser introducida rápidamente;
- Un frasco de Le Chatelier como se describe en la NTP 334.005; también
- Un molde y una barra compactadora para los ensayos de humedad superficial, y finalmente, una estufa capaz de mantener una temperatura constante. (pág. 7)

**d) Método de ensayo para determinar contenido de humedad.**

Según la (NTP 339.185, 2013) su objetivo es determinar el contenido de humedad evaporable en una muestra de agregado fino (AF) o agregado grueso (AG) mediante secado. La humedad evaporable incluye tanto la humedad superficial como la que se encuentra en los poros del agregado, pero no abarca el agua que está químicamente combinada con los minerales del agregado, la cual no se evapora. Por lo tanto, esta agua no se considera en el porcentaje obtenido por este método. (pág. 1)

Lista de equipos:

De acuerdo (NTP 339.185, 2013) serán:

- Una balanza con una precisión del 0.1% del peso de la muestra en cualquier punto dentro de su rango de uso,
- Horno con ventilación, capaz de mantener una temperatura uniforme,
- Un recipiente resistente al calor y con suficiente capacidad para contener la muestra.

➤ **Agua**

Para Abanto (2009), El agua juega un papel fundamental en la preparación del concreto, ya que está relacionado con la resistencia, la trabajabilidad y las propiedades del concreto endurecido.

Según Pasquel (1993), el agua es esencial para la hidratación del cemento y el desarrollo de sus propiedades, por lo que debe cumplir con los requisitos mínimos establecidos para su uso, considerando su composición química, para evitar que cause efectos negativos. (pág. 59)

• **El agua de mezcla**

Según Pasquel (1993) las 3 funciones principales del agua son:

- a) Reaccionar con el cemento para iniciar su proceso de hidratación.
- b) Funcionar como lubricante para facilitar la trabajabilidad del concreto.
- c) Proporcionar los vacíos necesarios y así los productos de hidratación puedan desarrollarse. (pág. 59)

Por lo tanto, la cantidad de agua utilizada en la elaboración del concreto se debe principalmente a la trabajabilidad, siendo esta mayor que la cantidad necesaria para hidratar el cemento. El principal problema en las mezclas radica en las impurezas, que no solo afecta la calidad, sino también en la cantidad en que se encuentran presentes, ya que estas impurezas pueden desencadenar reacciones químicas que alteran el comportamiento normal de la pasta de cemento. (pág. 60)

• **El agua para el curado.**

El curado es un proceso fundamental para tener una buena resistencia del concreto, para Pasquel, “se debe de cumplir con los requisitos mínimos para agua de curado lo cual es usado en obras generalmente en obras es usual emplear la misma fuente de suministro de agua tanto para la preparación como para el curado del concreto. (pág. 65)

➤ **Concreto**

El concreto es la mezcla de agua, agregados, cemento, aire y en ocasiones aditivos, para emplearlo en la construcción. Para Abanto (2009) , “la unión del cemento y el agua reaccionan químicamente uniendo las partículas de los agregados y así constituyendo un material heterogéneo, que es el concreto. Algunas veces se añaden ciertas sustancias, llamadas aditivo, que mejoran o modifican algunas propiedades del concreto.” (pág. 65).

Es un material o compuesto resultado de la unión de componentes como: cemento, agua, agregados y de forma opcional adiciones y aditivos. En su estado fresco se puede reconocer como una masa moldeable y adaptable a todo tipo de recipientes, como es el caso de los encofrados; cuando esta masa llega a su punto de fragua posee una consistencia rígida con ciertas propiedades como la resistencia y durabilidad. (ABANTO, 2009).

La proporción de componentes de este tipo de material para 1 m<sup>3</sup>. oscilan entre los siguientes porcentajes: 60 – 75% de agregados, 15 – 22% de agua, 7 – 15% de cemento, 1 – 3% de aire, y 0.1 – 0.2% de aditivos, estas proporciones solo afectan al volumen de dicho material mas no en cuanto a sus propiedades dado que por ejemplo la relación agua – cemento en cuanto a proporción volumétrica es reducida, pero toma parte fundamental en cuanto a la ganancia de propiedades mecánicas, trabajabilidad y durabilidad. (ABANTO, 2009).

- **Características del concreto.**

Según Abanto (2009). Las características del concreto para construcción tenemos a las siguientes:

*Ventajas:*

- a) La manejabilidad con que pueden adaptarse dentro de los encofrados de cualquier forma mientras aún se encuentre en su estado plástico.

- b) La elevada resistencia a la compresión lo que le hace adecuado para construir estructuras.
- c) Por su elevada resistencia al contacto con el fuego, también a la penetración del agua.

*Desventajas:*

- a) Generalmente el concreto es elaborado de forma tradicional donde no existe un encargado absoluto controlando su producción, por lo cual la calidad del concreto no es la ideal.
- b) El concreto es un material de escasa resistencia a la tracción. Esto hace difícil su uso en elementos estructurales que están sometidos a tracción por completo, como por ejemplo los tirantes, o en parte de sus secciones transversales como viga u otros elementos sometidos a flexión.

Es por ello que para reforzar la resistencia a la tracción se realiza la incorporación de acero, generándose así el concreto armado mejorándose así sus propiedades de cada uno.

(pág. 12)

- **Componentes del concreto.**

Según Abanto (2009):

- a) Ligantes: Son el cemento y el agua, estos dos materiales juntos dan la pasta.
- b) Agregados: Están el agregado fino y agregado grueso, estos dos agregados juntos dan el concreto.

“Las operaciones en la producción del concreto varían de acuerdo con el género de la obra que lo requiere y con el tipo de concreto que se produzcan.”

Las etapas principales para la producción de un buen concreto son:

- a) Dosificación
- b) Mezclado
- c) Transporte

- d) Colocación
- e) Consolidación
- f) Curado

- **Tipos de concreto.**

Para Abanto (2009), existe diferentes tipos de concreto:

- a) Concreto simple: Este concreto es la mezcla del cemento Portland, y agregado fino, agregado grueso y agua.
- b) Concreto armado: Este concreto es cuando, al concreto simple se le pone armaduras de acero reforzado y que está diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente.
- c) Concreto estructural: Se denomina así al concreto simple cuando este es dosificado, mezclado, transportado y colocado, de acuerdo a las especificaciones precisadas.
- d) Concreto ciclópeo: Es el concreto simple más piedra desplazador de tamaño máximo de 10”.

- **Propiedades del concreto.**

Según Abanto (2009) un concreto correctamente elaborado es aquel que proporciona la resistencia adecuada de acuerdo con el diseño de mezcla y presenta los mejores acabados. Por lo tanto, está estrechamente relacionado con los criterios de diseño y el sistema de colocación de la mezcla. Es fundamental conocer las propiedades que el concreto exhibe tanto en su estado fresco como en su estado endurecido.

***Propiedades del concreto en estado fresco:***

- a) *Trabajabilidad*

De acuerdo Rivva (1992), la trabajabilidad es la propiedad del concreto en su estado fresco, no endurecido, que le permite ser manipulado, transportado, colocado y

consolidado de manera adecuada, con un esfuerzo mínimo y una máxima homogeneidad, además de ser acabado sin presentar alguna segregación. (pág. 31)

Por otro lado, Abanto (2009) indica que la trabajabilidad es la facilidad con la que se maneja el concreto fresco para ser mezclado, colocado, compactado y acabado sin ninguna segregación y exudación. (pág. 47)

#### *b) Consistencia*

De acuerdo Rivva (1992) La consistencia es una propiedad que determina el grado de humedad de una mezcla según su fluidez. Por lo tanto, a mayor humedad en la mezcla, mayor será la fluidez del concreto durante su colocación. (pág. 34).

**Tabla 2.**

*Clases de mezcla según su asentamiento*

<b>Consistencia</b>	<b>Slump</b>	<b>Trabajabilidad</b>	<b>Método de Compactación</b>
Seca	0" a 2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3" a 4"	Trabajable	Vibración ligera chuseado
Fluida	>5"	Muy trabajable	chuseado

*Nota:* Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas) Ing. Flavio Abanto Castillo, 2009, p. 49.

#### *c) Segregación*

El concreto en estado fresco tiende a la descomposición o separación del agregado grueso del mortero, esto es perjudicial para el concreto, porque produce bolsones de piedra, capas arenosas, cangrejas, etc.

Ocurre cuando más húmeda está el concreto y es menor cuando el concreto es más seca, generalmente los procesos inadecuados de manipulación y colocación son las causas

del fenómeno de segregación en las mezclas. Este también se produce cuando parte del concreto se mueve más rápido que el concreto adyacente, asimismo cuando se permite que el concreto corra por canaletas, o un excesivo vibrado de la mezcla produce segregación. (ABANTO, 2009, pág. 50)

***Propiedades del concreto en estado endurecido:***

*a) Resistencia*

Para Rivva (1992), “La resistencia del concreto es definida como el máximo esfuerzo que puede ser soportado por dicho material sin romperse. Dado que el concreto está destinado principalmente a tomar esfuerzos de compresión, es la medida de su resistencia a dichos esfuerzos la que se utilizará como índice de su calidad.” (pág. 36)

Por otro lado, también define: “La resistencia es considerada como una de las más importantes propiedades del concreto endurecido, siendo la que generalmente se emplea para la aceptación o rechazo del mismo.” (pág. 36)

*Resistencia a la compresión del concreto según la NTP 339.034*

“Este método consiste en aplicar una carga de compresión axial a los cilindros moldeados o extracciones diamantina a una velocidad normalizada en un rango prescrito mientras ocurre la falla. La resistencia a la compresión de la probeta es calculada por división de la carga máxima alcanzada durante el ensayo, entre el área de la sección recta de la probeta.” (NTP 339.034, 2008, p. 3)

*Equipos:*

Se utilizará la máquina de ensayo, que deberá ser de un tipo tal que tenga suficiente capacidad de carga y que reúna todas las condiciones. Tiene que tener un porcentaje de error de las cargas dentro del rango propuesto para la máquina, no debe exceder del  $\pm 1.0$  % de la carga indicada.

Asimismo, deberá estar equipada con dos bloques de carga, de acero con caras endurecidas, uno de los cuales es un bloque sólido sobre la superficie superior de la muestra, y el otro un bloque sólido sobre el cual colocará el testigo de concreto. Además, se necesitará un indicador de carga éste debe tener una escala graduada que permita leer con una precisión del 0.1 % de la carga total de la escala. (NTP 339.034, 2008).

Procedimiento:

Los ensayos a compresión de testigos (probetas) del curado húmedo serán hechas tan pronto como sea práctico luego de retirarlos del almacenaje de humedad.

Los cilindros serán protegidos de pérdida de humedad por cualquier método conveniente durante el periodo entre el retiro del almacenaje de humedad y el ensayo. Los cilindros serán ensayados en condición húmedos.

Todos los cilindros de ensayo para una determinada edad de ensayo serán fracturados dentro del tiempo permisible de tolerancias prescritas como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3.**

*Edad de rotura de cilindros de ensayo*

Edad de ensayo	Tolerancia permisible
24 horas	± 0.5 h ó 2.1 %
3 días	± 2 h ó 2.8 %
7 días	± 6 h ó 3.6 %
28 días	± 20 h ó 3.0 %
90 días	± 48 h ó 2.2 %

*Nota:* Envase a la Norma técnica peruana. NPT 339.034

Colocación: Colocar el bloque de rotura inferior sobre el cabezal de la máquina de ensayo. El bloque de rotura superior debe situarse directamente debajo del cabezal de rotura. Limpie las superficies de contacto de los bloques superior e inferior, así como las de la sonda de ensayo, y coloque el cilindro sobre el bloque interior de rotura. Alinear cuidadosamente

los ejes de la probeta con el centro de empuje del bloque asentado. La velocidad de carga, de debe aplicar la carga continuamente y sin detenimiento.

Aplique la carga de compresión mientras el indicador muestra una disminución constante de la carga y el espécimen presenta un patrón de fractura claramente definido. En una máquina de ensayo, el cierre automático de la máquina debe activarse cuando se alcanza la carga máxima. Cuando se ensayan con capas de embonado, puede ocurrir una fractura en la esquina antes de que se alcance la capacidad máxima del espécimen. Registre la carga máxima alcanzada por el espécimen durante el ensayo y anote brevemente el tipo de fractura. Si la resistencia medida es inferior a la esperada, examine la fractura del concreto y anote si hay indicios de segregación, si las fracturas siguen predominantemente alrededor o a través de las partículas del agregado grueso, y verifique que el refrentado cumpla con las normativas. (NTP 339.034, 2008)

#### *Resistencia a la flexión del concreto según la NTP 339.078*

##### Lista de equipos:

Se probará la máquina de ensayo, la cual debe cumplir con los requisitos establecidos en las secciones correspondientes sobre verificación, correcciones e intervalos de tiempo entre verificaciones. Además, debe contar con una fuerza constante capaz de aplicar una fuerza sobre la muestra.

Todos los equipos empleados en el ensayo de flexión del concreto deben ser capaces de mantener constante la longitud especificada de la luz entre los apoyos, así como las distancias entre los bloques de aplicación de carga y los bloques de apoyo, con una tolerancia de  $\pm 1.3$  mm ( $\pm 0.05$  pulg.)

Las reacciones deben mantenerse paralelas a la dirección de las fuerzas aplicadas en todo momento durante el ensayo. Además, la relación entre la distancia desde el punto de

aplicación de la carga hasta la reacción más cercana y la altura de la viga no debe ser inferior a  $1.0 \pm 0.03$ . (NTP 339.078, 2012).

Procedimiento:

La prueba de flexión debe realizarse lo antes posible después de retirar la viga de la cámara de curado. Las vigas con la superficie seca tienden a generar resultados más bajos en las mediciones del módulo de rotura.

Cuando se utilizan vigas moldeadas, se deben girar sobre uno de sus lados en relación con la posición de moldeo y colocarlas de manera centrada sobre las placas de apoyo. En el caso de las vigas cortadas, deben posicionarse de forma que la tensión se aplique a la superficie superior o inferior, según la orientación del corte

El sistema de aplicación de carga se debe centrar en relación con la fuerza aplicada. Los bloques a los que se les aplica la carga deben colocarse en contacto con la superficie de la muestra, ubicándolos en los tercios de la luz de la viga, y se debe aplicar una carga entre el 3% y el 6% de la carga.

Utilizando medidores de espesor tipo lámina de 0.10 mm y 0.40 mm, se debe verificar si algún espacio existente entre las muestras y el bloque de carga o los soportes es mayor o menor que el grosor de los medidores, en una longitud de 25 mm o más.

Si no se logra un contacto completo entre la viga y los bloques de aplicación de carga, será necesario refrendar, lijar o colocar una cuña de cuero. Las tiras de cuero deben tener un espesor uniforme de 6 mm, un ancho que varía entre 25 mm y 50 mm, y deben cubrir todo el ancho de la viga. El lijado de las superficies laterales debe ser mínimo, ya que esta acción podría alterar las características físicas de la muestra.

La carga sobre el espécimen se aplicará de manera continua y sin impactos. Se deberá aplicar a una velocidad constante hasta alcanzar el punto de ruptura. La carga será de forma

constante, aumentando la resistencia de la fibra extrema entre 0.9 MPa/min y 1.2 MPa/min, hasta que se produzca la rotura de la viga. (NTP 339.078, 2012, pág. 5)

➤ **Fibras artificiales**

Las fibras sintéticas o artificiales son aquellas producidas por el ser humano, como resultado de la investigación y el avance de las industrias petroquímicas. Existen dos formas diferentes de fibras sintéticas: las de multifilamentos y las producidas de cinta de fibrilla, estas últimas caracterizan por tener una elevada resistencia a la tensión. (Ñaupas & Sosa, 2019)

Los tipos de fibras empleadas en el concreto incluyen: acrílicas, aramida, carbón, nylon, poliéster, polietileno y poliestireno.

• **Fibras de vidrio.**

Las fibras de vidrio tienen un origen mineral y se producen a través de una serie de procesos de transformación de los materiales que las componen, como la arena de sílice, un material formado por fibras continuas o discontinuas. A esta base se le agregan otros componentes como cal, alúmina, magnesia y ciertos óxidos.

Las fibras de vidrio han sido objeto de investigación desde la década de 1960, cuando se observó que las fibras fabricadas a partir de boro silicato o sílice-cal-soda mostraron reactividad con la pasta de cemento, lo que provocaba una disminución en la resistencia del concreto. Como resultado, se desarrollaron fibras de vidrio resistentes a álcalis, las cuales mejoran la durabilidad a largo plazo. Sin embargo, aún se nota una reducción en la resistencia debido a otras causas. Las teorías más aceptadas sobre la pérdida de resistencia y ductilidad de la mezcla se centran en la reactividad con los álcalis y la hidratación del

cemento son las teorías más aceptadas sobre la pérdida de resistencia y de ductilidad de la mezcla. (Ñaupás & Sosa, 2019)

#### Ventajas y desventajas en fibras de vidrio

##### *Ventajas:*

Son livianas

Aumenta la resistencia al impacto.

Resistentes a la corrosión y ataques biológicos de microorganismos.

Disminuye el agrietamiento del concreto por contracción plástica.

Presenta una alta resistencia a tracción.

##### *Desventajas:*

Son vulnerables al ataque de los álcalis presentes en el cemento, lo que provoca una pérdida de resistencia en la fibra. Además, con el tiempo, experimente una disminución en ductilidad.

#### • **Fibras de poliestireno**

Las fibras de poliestireno fueron las primeras en comercializarse para su uso en mezclas de concreto. Se fabrican mediante el estiramiento de polímeros sintéticos, los cuales pueden presentarse en monofilamentos de sección circular o en finas láminas planas.

Las fibras de poliestireno son incoloras, de entrelazado pequeño, y se caracterizan por su alta estabilidad. Además, tienen una superficie impermeable, lo que les permite no absorber agua durante el mezclado. (Ñaupás & Sosa, 2019)

#### Ventajas y desventajas en fibras de poliestireno

##### *Ventajas:*

Son estables y livianas cuando se integran en la mezcla de concreto.

No absorben agua.

Disminuyen las fisuras en el concreto.

Debido a su baja densidad, este tipo de fibras se integran completamente en el concreto o mortero, lo que evita que aflore a la superficie.

Aumentan la resistencia al impacto.

*Desventajas:*

Poseen un bajo módulo de elasticidad.

Tienen baja capacidad de adherencia a la matriz, debido a que no absorben agua durante la mezcla ni el posterior fraguado.

- **Fibras de acero.**

Las fibras de acero son pedazos de corta longitud y pequeña sección, que van variando desde un pequeño alambre cortado en trozos hasta las fibras finales con longitud, diámetros equivalentes y formas muy diversas. (Ñaupas & Sosa, 2019).

La norma ASTM A820 clasifica a las fibras en base a su proceso de fabricación en 4 tipos:

- ✓ Trefiladas: fibras de alambre que se moldean en frío mediante un proceso de conformado.
- ✓ Láminas cortas: fibras obtenidas al cortar láminas de acero.
- ✓ Extractos fundidos: Son fibras obtenidas a partir de la fundición, fabricadas mediante el uso de una rueda centrífuga.
- ✓ Otras fibras.

*Ventajas y desventajas en fibras de acero*

*Ventajas:*

Presentan buenas características dentro del concreto.

Mejoran la resistencia a tracción, flexión y corte.

Dan mayor resistencia ante diferentes tipos de cargas.

*Desventajas:*

Presentan un alto nivel de oxidación, si se encuentran expuestas a la superficie.

En la mezcla reducen la trabajabilidad, debido al tamaño de su longitud y diámetro.

➤ **Análisis estadísticos de datos**

El análisis estadístico de datos es una disciplina clave, ya que permite interpretar y validar los datos a través de su recopilación. Se aplica principalmente a datos cuantitativos, aunque en muchas investigaciones también se incluyen datos descriptivos. Dependiendo del número de variables, se utilizan diversas técnicas estadísticas. Existen varios programas informáticos que facilitan el análisis, como el Sistema de Análisis Estadístico (SAS), StatSoft, el Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales (SPSS), entre otros. (SANCHEZ CARRION, 1999)

*Estadística Descriptiva*

Este tipo de estadística se enfoca en un conjunto de métodos utilizados para resumir las características principales de los datos recopilados. Su objetivo principal es identificar la tendencia o forma de las distribuciones, con el fin de caracterizar el conjunto de datos. Para ello, se emplean medidas de tendencia central como la media, mediana y moda, así como medidas de variabilidad, que incluyen la varianza, desviación estándar. (SANCHEZ CARRION, 1999)

*Estadística Diferencial*

Este tipo de estadística establece un conjunto de métodos que tratan de deducir acerca de situaciones generales posibles o futuras del conjunto de datos obtenidos de un estudio anterior. Implica que se usen datos muestrales para generalizar un fenómeno a ocurrir en una población. Su objetivo principal es determinar diferencias entre grupos de datos, examinar

las variables asociadas, y realizar comparaciones entre grupos. Se usan como métodos de análisis: t – test, análisis de varianza, correlación y regresiones. (SANCHEZ CARRION, 1999).

#### *Variables estadísticas*

Las variables estadísticas son características de un individuo o espécimen que puede adquirir diferentes valores los cuales pueden ser medidos. Existen 2 tipos de variables estadísticas como Variables cuantitativas (se pueden medir en forma numérica) o cualitativas (no se puede medir de forma numérica). Donde las variables cuantitativas son aquellas discretas (usa números enteros y no finitos) o continuas (usa números fraccionarios y finitos). (SANCHEZ CARRION, 1999)

#### *Tablas de frecuencia*

Es aquella tabla que muestra una distribución de datos por medio de sus frecuencias. Es usado para variables cuantitativas o variables cualitativas ordinales. Su objetivo principal es realizar un ordenamiento de datos de forma numérica gracias a las características de la distribución de una muestra especificada. (SANCHEZ CARRION, 1999)

#### *Parámetros estadísticos*

Es un valor numérico que se obtiene a partir de los datos de la muestra estadística. Su objetivo principal es resumir o sintetizar la información dada por una tabla de datos o un gráfico con datos estadísticos. Los resultados de los parámetros estadísticos son fiables si se conoce la distribución de una población. (SANCHEZ CARRION, 1999)

- **Valor promedio**

También denominada media aritmética y se puede definir como el centro de gravedad de los datos a estudiar. (SANCHEZ CARRION, 1999)

- **Mediana**

Es un valor que permite dividir la mitad superior de la muestra y la inferior. Por lo que se puede definir como partes iguales de los datos de la muestra. (SANCHEZ CARRION, 1999).

- **Moda**

Es un valor dentro de la muestra que por definición es el más repetido a lo largo de toda la muestra, el valor que se obtiene con mayor frecuencia. (SANCHEZ CARRION, 1999)

- **Varianza**

Es una medida estadística de dispersión que muestra la variabilidad de la serie de datos con respecto a la media. Se puede definir como la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de datos. Este parámetro es de bastante apoyo debido a que da información sobre la variable estudiada. (SANCHEZ CARRION, 1999)

- **Desviación estándar**

Es una medida estadística de dispersión que muestra que tan disperso se encuentran los datos con respecto a el valor promedio. Este parámetro muestra que a mayor grado de dispersión mayor la desviación estándar se verá incrementada. (SANCHEZ CARRION, 1999)

- **Tamaño de muestra**

La muestra de acuerdo con la estadística es una selección de elementos dentro de un universo, los cuales son elegidos por ser una representación con las características básicas de una población total; en otras palabras, se puede decir que una muestra es una porción significativa de la población que cumple con las características de la investigación. (SANCHEZ CARRION, 1999)

Para determinar el tamaño de muestra en estadística es indispensable conocer el tipo de variable que se está manejando; tanto si es cuantitativa, cuando se quieren estimar proporciones o porcentajes.

- **Análisis Comparativo de Resultados**

*Análisis de cantidades*

Se comparará el número total de resultados generados en cada ensayo, tanto para los ensayos en estado fresco como en estado endurecido de la mezcla de concreto. (SANCHEZ CARRION, 1999)

Se comparará las propiedades mecánicas del concreto convencional con diferentes fibras (acero, vidrio y poliestireno) y se mostrarán los resultados numéricamente en tablas y gráficos de análisis para poder observar los valores reales de cada ensayo en diferentes especímenes.

*Análisis de tiempos*

El modelo de análisis propuesto consta de tres etapas distintas para la recolección y análisis de los datos. En la primera etapa (0 días), se realizará la recolección y comparación de datos de las mezclas de concreto en estado fresco. Los ensayos en estado endurecido se llevarán a cabo en la segunda, tercera y cuarta etapas de la tesis, correspondientes a las edades de 7, 14 y 28 días. (SANCHEZ CARRION, 1999).

## **IV. Metodología**

### **4.1 Tipo y nivel de investigación**

#### **Tipo de investigación**

El tipo de investigación es explicativo. Para Hernández, R. y otros, “Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su interés o por qué se relacionan dos o más variables.” (2014, p. 95)

#### **Nivel de investigación**

El nivel de investigación es explicativo, correlacional y causal, ya que esta investigación describirá las características del problema de estudio, después explicará la relación causal de las variables.

#### **Diseño de investigación**

Para Hernández, R. y otros (2014). “El diseño investigación se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema.” (2014, p. 128)

El nivel de investigación es experimental, debido a que se realizara manipulaciones intencionales de las variables, para observar la influencia que tiene las fibras de vidrio poliestireno y acero

### **4.2 Ámbito temporal y espacial**

#### **Ámbito temporal**

El periodo de la investigación corresponderá al año 2023.

### **Ámbito espacial**

Esta investigación estará comprendida dentro de la ciudad de Abancay, que pertenece a la región de Apurímac, donde se realizará los estudios pertinentes para obtener buenos resultados.

## **4.3 Población y muestra**

### **Población**

“Toda investigación debe ser transparente, así como estar sujeta a crítica y réplica, y este ejercicio solamente es posible si el investigador delimita con claridad la población estudiada y hace explícito el proceso de selección de su muestra.” (Hernández, R. y otros, 2014, p. 170)

Para esta investigación de Influencia de la incorporación de las fibras a la elaboración del concreto

### **Muestra**

Para Hernández, R. y otros, “La muestra es un subconjunto de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población.” (2014, p. 173)

Para esta investigación se tomará por conveniencia 81 unidades de testigos cilíndricos de concreto (15x30cm) para cada adición de fibras de vidrio al (1.5% y 3.5%), poliestireno al (10% y 15%) y acero al (5% y 10%); 81 unidades de testigos de concreto (15x15x60cm) para cada adición de fibras de vidrio al (1.5% y 3.5%), poliestireno al (10% y 15%) y acero al (5% y 10%). La elaboración y curado de los especímenes de concreto, será siguiendo la NTP 339.183.

Número de especímenes a elaborar será las siguientes:

**Tabla 4.**

*Cantidad de testigos de concreto para el ensayo de la resistencia a la compresión.*

<b>Cantidad de muestras a la Resistencia a la Compresión</b>									
<b>Muestras cilíndricas</b>									
Edad de testigos	CP	CP + fibra de vidrio 1.5%	CP + fibra de vidrio 3.5%	CP	CP+fibra de poliestireno 10%	CP+fibra de poliestireno 15%	CP	CP+fibra de acero 5%	CP+fibra de acero 10%
7 días	3	3	3	3	3	3	3	3	3
14 días	3	3	3	3	3	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total	9	9	9	9	9	9	9	9	9
<b>Total de testigos cilíndricos</b>									<b>81</b>

*Nota:* Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 5.**

*Cantidad de testigos para el ensayo de la resistencia a la flexión*

<b>Cantidad de muestras a la Resistencia a la Flexión</b>									
<b>Muestras prismáticas</b>									
Edad de testigos	CP	CP + fibra de vidrio 1.5%	CP + fibra de vidrio 3.5%	CP	CP+fibra de poliestireno 10%	CP+fibra de poliestireno 15%	CP	CP+fibra de acero 5%	CP+fibra de acero 10%
7 días	3	3	3	3	3	3	3	3	3
14 días	3	3	3	3	3	3	3	3	3
28 días	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Total	9	9	9	9	9	9	9	9	9
<b>Total de testigos prismáticos</b>									<b>81</b>

*Nota:* Fuente: Elaboración propia

#### **4.4 Instrumentos**

Esta Tesis al ser de método experimental, hace necesario la recolección de datos de laboratorio, y que para efecto utilizarán como instrumento de recolección de información, ficha de observación y los protocolos de ensayos debidamente diseñados en base a los indicadores que evidenciarán los resultados. Las fichas de recolección de información de protocolos, serán las siguientes:

Protocolos de ensayos de materiales en laboratorio

- Ficha de recolección de datos para el ensayo de granulometría
- Ficha de recolección de datos para ensayo de contenido de humedad
- Ficha de recolección de datos para ensayo de Peso específico para agregado grueso
- Ficha de recolección de datos para ensayo de Peso específico para agregado fino
- Ficha de recolección de datos para ensayo de peso unitario
- Ficha de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Angeles
- Ficha de recolección de datos para el ensayo de resistencia a la compresión
- Ficha de recolección de datos para el ensayo de resistencia a flexión
- Ficha de recolección de datos para el diseño de mezcla.

#### **4.5 Procedimiento**

El procesamiento de información se realizó a través de los protocolos establecidos para la tesis y siempre en coordinación con las personas del lugar donde se hará la extracción de la muestra en estudio para su procesamiento y análisis correspondiente.

Se debe también precisar que los datos obtenidos serán fidedignos tal y como se obtuvo en los ensayos correspondientes, su explicación y análisis se efectuará en base a las normas técnicas.

El procesamiento de datos se realizó con el uso del programa Excel, la presentación de los datos se hará en tablas y figuras estadísticas que permitirán analizar según se exigen en los objetivos de la investigación. Y finalmente los datos estadísticos permitirán contrastar con la hipótesis de la investigación.

#### **4.6 Análisis de datos**

La aplicación de XLSTAT en una tesis puede ser una herramienta valiosa para realizar análisis de datos estadísticos y obtener conclusiones significativas.

##### **Paso 1: Definir Objetivos de la Investigación**

Antes de comenzar con XLSTAT, es fundamental tener una comprensión clara de los objetivos de investigación. Define las preguntas específicas que deseas responder y las hipótesis que deseas probar mediante el análisis de datos.

##### **Paso 2: Preparar los Datos**

Formato de Datos: Asegúrate de que tus datos estén organizados en una hoja de cálculo de Excel, con variables claramente etiquetadas.

Limpieza de Datos: Elimina valores atípicos, datos faltantes o cualquier error en los datos que pueda afectar la calidad del análisis.

##### **Paso 3: Integrar XLSTAT en Excel**

Instalación: Asegúrate de tener instalado XLSTAT en tu sistema y que esté correctamente integrado con Excel.

Abrir XLSTAT: Inicia Excel y abre la pestaña de XLSTAT para acceder a las funciones estadísticas.

**Paso 4: Selección de Análisis Estadístico**

Identificación del Tipo de Análisis: Selecciona el tipo de análisis estadístico que se ajuste a tus objetivos (descriptivo, inferencial, regresión, etc.).

Configuración de Parámetros: Define los parámetros específicos para el análisis, como variables dependientes e independientes.

**Paso 5: Ejecutar el Análisis**

Ejecución del Análisis: Una vez configurados los parámetros, ejecuta el análisis estadístico en XLSTAT.

Interpretación de Resultados: Analiza cuidadosamente los resultados generados por XLSTAT y determina si cumplen con los objetivos de la investigación.

**Paso 6: Creación de Gráficos e Informes**

Gráficos: Utiliza las herramientas de gráficos en XLSTAT para visualizar los resultados de manera efectiva.

Informes: Genera informes detallados que incluyan interpretaciones estadísticas, conclusiones y cualquier inferencia relevante.

**Paso 7: Validación y Sensibilidad**

Validación: Verifica la robustez de tus resultados realizando análisis de sensibilidad o validación cruzada si es necesario.

Correcciones: Si es necesario, realiza correcciones en la metodología o los datos y repite el análisis.

**Paso 8: Documentación**

Documentación Detallada: Documenta cada paso del proceso, desde la preparación de datos hasta la interpretación de resultados.

Referencias: Incluye referencias específicas a las funciones y herramientas de XLSTAT utilizadas.

**Paso 9: Revisión y Retroalimentación**

Revisión del Supervisor: Somete tu metodología y resultados a la revisión de tu supervisor o asesor de tesis.

Incorporación de Retroalimentación: Realiza ajustes según la retroalimentación recibida.

**Paso 10: Presentación de Resultados**

Utiliza los resultados obtenidos mediante XLSTAT para respaldar tus conclusiones y recomendaciones en la tesis de investigación.

Integrar XLSTAT en estos pasos proporcionará una base sólida para realizar análisis estadísticos avanzados en una tesis de investigación, contribuyendo significativamente a la calidad y validez de los hallazgos.

**4.7 Consideraciones éticas**

La redacción de esta tesis, se realizó respetando las normas, educación y cultura de las personas involucradas que fueron parte de la recolección de información.

## V. Resultados y discusión

### ➤ Resultados

**Tabla 6.**

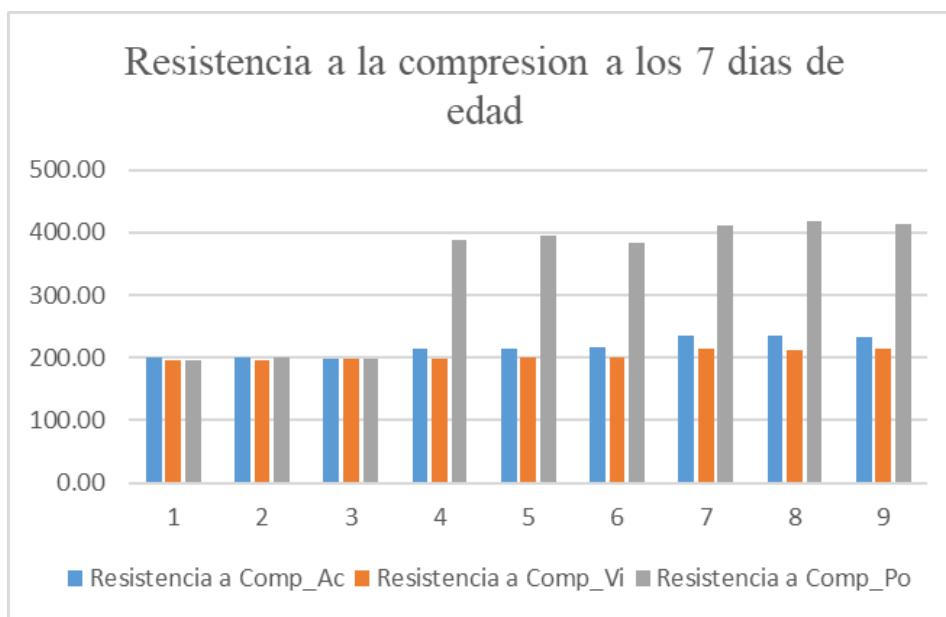
*Resultados de las muestras sometidas a la compresión a los 7 días de edad*

Muestra	Resistencia a Comp_Acero	Resistencia a Comp_Vidrio	Resistencia a Comp_Poliestireno
1	199.72	195.72	195.72
2	200.46	196.46	201.46
3	198.82	197.82	198.82
4	215.46	198.11	388.78
5	214.65	200.87	394.46
6	216.54	199.49	383.64
7	234.94	213.59	411.33
8	235.03	212.41	419.46
9	233.55	213.72	413.76

*Nota:* Fuente: Elaboración propia

**Figura 1.**

*Resultados a los 7 días de edad*



*Nota:* Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.**

*Matriz de correlaciones para la edad de 7 días (variable: de acero)*

<b>Matriz de correlaciones:</b>		
	%Ad_Fibra de acero	Resistencia a Comp
%Ad_Fibra de acero	<b>1</b>	0.997
Resistencia a Comp	0.997	<b>1</b>

*Nota:* La correlación entre la resistencia respecto al porcentaje de fibra de acero.

**Tabla 8.**

*Regresión simple para la edad de 7 días (variable: fibra de acero)*

<b>Regresión de la variable Resistencia a Comp:</b>	
<b>Estadísticos de bondad del ajuste (Resistencia a Compresión):</b>	
Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R <sup>2</sup>	0.955
R <sup>2</sup> ajustado	0.954

*Nota:* Datos de medida de bondad de ajuste de la resistencia a la compresión.

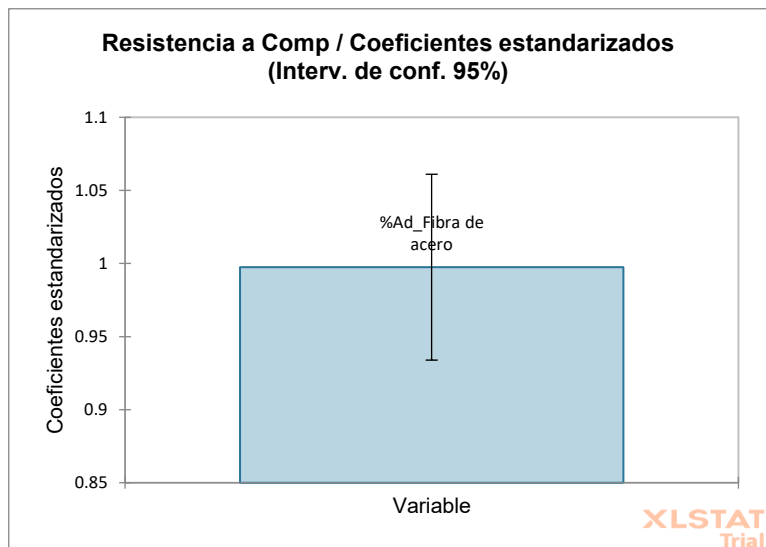
**Ecuación del modelo (Resistencia a Comp):**

$$\text{Resistencia a Comp} = 199.155847544733 + 348.379648786767 * \%Ad\_Fibra \text{ de acero}$$

*Nota:* Regresión lineal busca encontrar una ecuación lineal entre la relación de porcentaje de fibra y Resistencia a la compresión.

**Figura 2.**

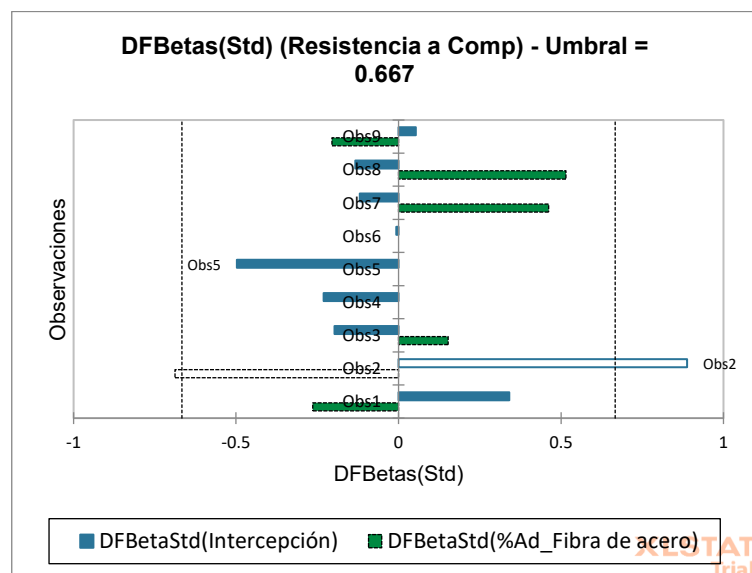
*Coefficientes estandarizados para 7 días de edad (variable: Fibra de acero)*



*Nota:* Diagrama de cajas, en un intervalo de confiabilidad dentro de un rango 95%

**Figura 3.**

*Umbral de errores para 7 días de edad (variable: Fibra de acero)*



*Nota:* Errores admitidos, que se encuentran dentro del margen de error.

**Tabla 9.**

*Matriz de correlaciones para la edad de 7 días (variable: fibra de vidrio)*

<b>Matriz de correlaciones:</b>		
	%Ad_Fibra de Vidrio	Resistencia a Comp
%Ad_Fibra de Vidrio	<b>1</b>	0.953
Resistencia a Comp	0.953	<b>1</b>

*Nota:* La correlación entre la resistencia respecto al porcentaje de fibra de vidrio.

**Tabla 10.**

*Regresión lineal para la edad de 7 días (variable: fibra de vidrio)*

<b>Regresión de la variable Resistencia a Comp:</b>	
<b>Estadísticos de bondad del ajuste (Resistencia a Compresión):</b>	
Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R <sup>2</sup>	0.909
R <sup>2</sup> ajustado	0.896

*Nota:* Datos de medida de bondad de ajuste de la resistencia a la compresión.

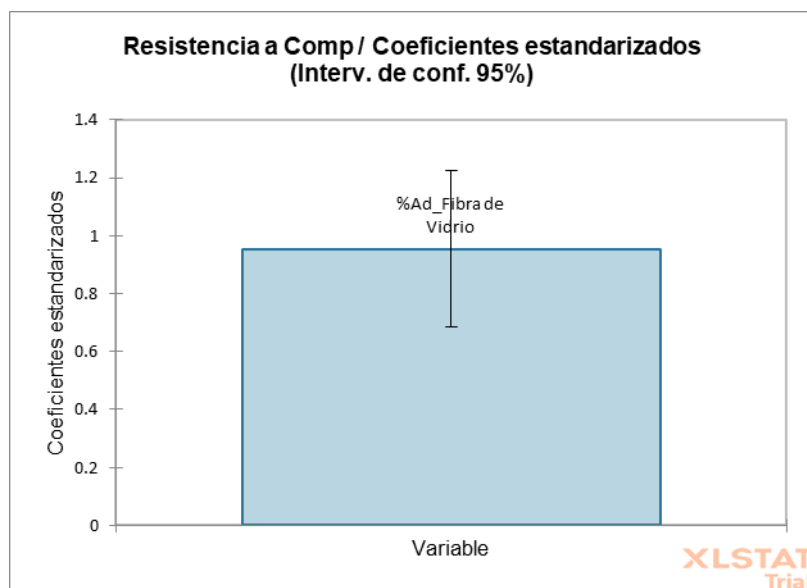
**Ecuación del modelo (Resistencia a Comp):**

$$\text{Resistencia a Comp} = 195.04931447443 + 485.023635763732 * \%Ad\_Fibra \text{ de Vidrio}$$

*Nota:* Regresión lineal busca encontrar una ecuación lineal entre la relación de porcentaje de fibra y Resistencia a la compresión.

**Figura 4.**

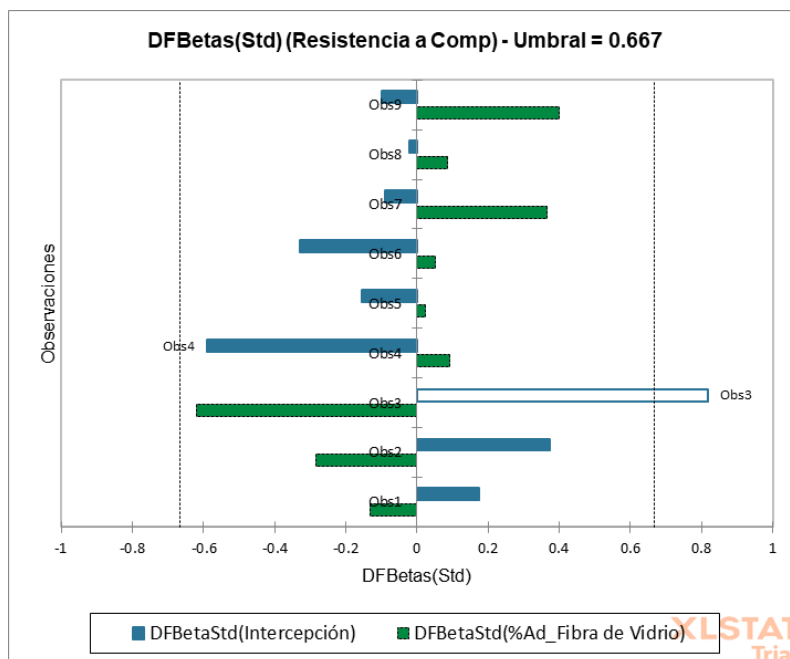
*Coefficientes estandarizados para la edad de 7 días (variable: fibra de vidrio)*



*Nota:* Diagrama de cajas, en un intervalo de confiabilidad dentro de un rango 95%

**Figura 5.**

*Umbral de error para la edad de 7 días (variable: fibra de vidrio)*



*Nota:* Errores admitidos, que se encuentran dentro del margen de error.

**Tabla 11.**

*Matriz de correlaciones para la edad de 7 días (variable: fibra de poliestireno)*

<b>Matriz de correlaciones:</b>		
	<b>%Ad_Fibra de poliestireno</b>	<b>Resistencia a Comp</b>
%Ad_Fibra de poliestireno	1	0.974
Resistencia a Comp	0.974	1

*Nota:* La correlación entre la resistencia respecto al porcentaje de fibra de poliestireno.

**Tabla 12.**

*Matriz de correlaciones para la edad de 7 días (variable: fibra de poliestireno)*

Regresión de la variable Resistencia a Comp: Estadísticos de bondad del ajuste (Resistencia a Comp):	
Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R <sup>2</sup>	0.950

*Nota:* Datos de medida de bondad de ajuste de la resistencia a la compresión.

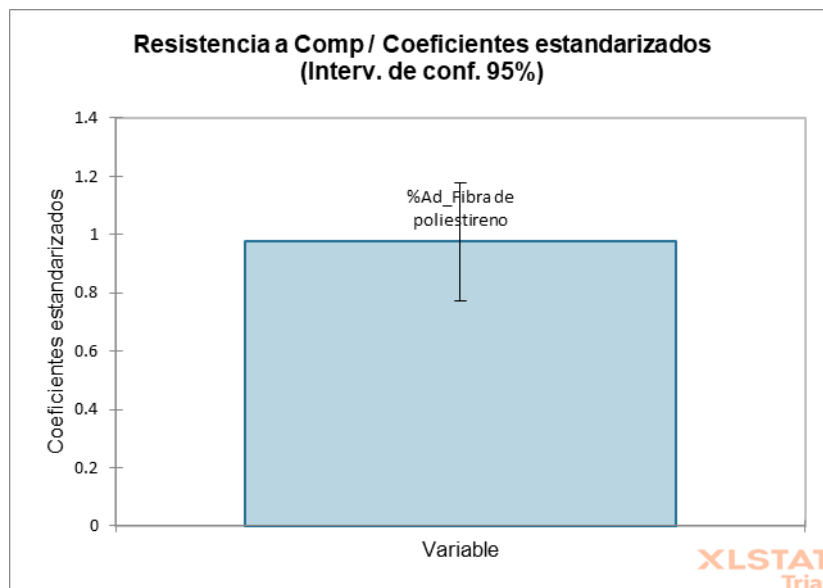
**Ecuación del modelo (Resistencia a Comp):**

$$\text{Resistencia a Comp} = 208.562653738525 + 1507.16934164332 * \%Ad\_Fibra \text{ de poliestireno}$$

*Nota:* Regresión lineal busca encontrar una ecuación lineal entre la relación de porcentaje de fibra y Resistencia a la compresión.

**Figura 6.**

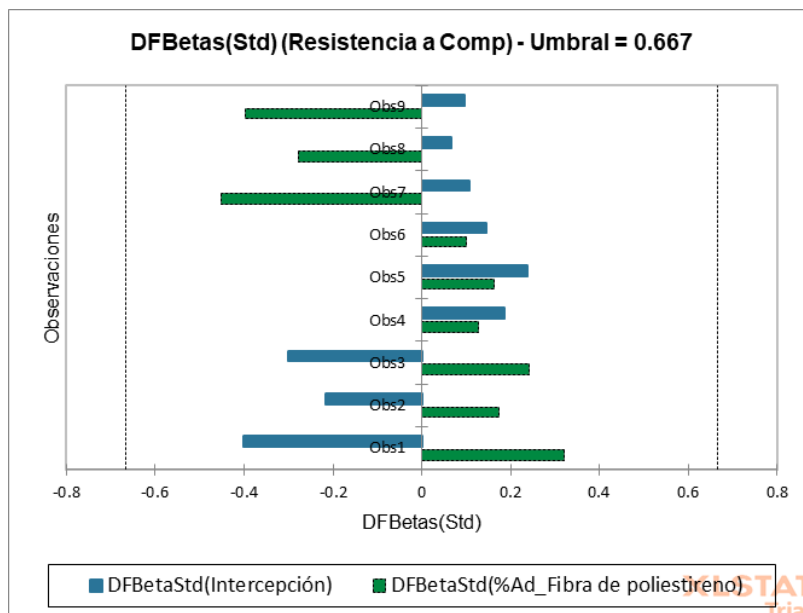
*Coefficientes estandarizados para la edad de 7 días (variable: fibra de poliestireno)*



*Nota:* Diagrama de cajas, en un intervalo de confiabilidad dentro de un rango 95%

**Figura 7.**

*Umbral de error para la edad de 7 días (variable: fibra de poliestireno)*



*Nota:* Errores admitidos, que se encuentran dentro del margen de error.

Las muestras 1, 2 y 3 muestran resistencias a compresión muy similares en los tres materiales, con desviaciones estándar bastante bajas. Esto sugiere que estos materiales tienen una consistencia notable en estas muestras.

Las muestras 4, 5 y 6 también muestran una consistencia en la resistencia a compresión del acero, pero presentan variabilidad en la resistencia del vidrio y una gran variabilidad en la resistencia del poliestireno, como se puede observar en la alta desviación estándar del poliestireno.

La muestra 7 exhibe variabilidad en la resistencia a compresión en todos los materiales, con una variabilidad particularmente alta en la resistencia del poliestireno.

En términos generales, la resistencia a compresión del poliestireno es significativamente más variable en todas las muestras que la del acero y el vidrio.

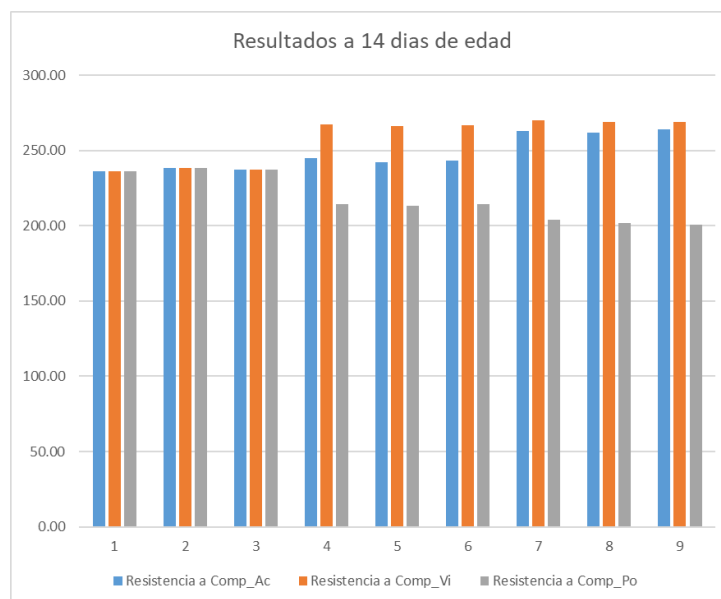
La muestra 7 presenta la mayor resistencia en los tres materiales, mientras que la muestra 4 tiene la resistencia más alta en acero y vidrio, pero la muestra 7 supera ampliamente a todas en cuanto a la resistencia del poliestireno.

**Tabla 13.**

*Resumen de resultados de resistencia a la compresión para las variables de adición de fibras a los 14 días de edad.*

Muestra	Resistencia a Comp_Ac	Resistencia a Comp_Vi	Resistencia a Comp_Po
1	236.47	236.47	236.47
2	238.53	238.53	238.53
3	237.47	237.47	237.47
4	244.89	267.58	214.19
5	242.16	266.01	213.19
6	243.22	266.65	214.59
7	262.86	270.08	204.06
8	262.16	269.16	201.91
9	264.16	268.86	200.64

*Nota:* Fuente: Elaboración propia

**Figura 8.***Resultados a los 14 días de edad**Nota:* Fuente: Elaboración propia**Tabla 14.***Matriz de Correlaciones para la edad de 14 días (variable: adición de fibra de acero)*

<b>Matriz de correlaciones:</b>		
	%Ad_Fibra de acero	Resistencia a Comp
%Ad_Fibra de acero	<b>1</b>	0.952
Resistencia a Comp	0.952	<b>1</b>

*Nota:* La correlación entre la resistencia respecto al porcentaje de fibra de acero.

**Tabla 15.**

*Matriz de Correlaciones para la edad de 14 días (variable: adición de fibra de acero)*

<b>Regresión de la variable Resistencia a Comp: Estadísticos de bondad del ajuste (Resistencia a Comp):</b>	
Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R <sup>2</sup>	0.906
R <sup>2</sup> ajustado	0.893

*Nota:* Datos de medida de bondad de ajuste de la resistencia a la compresión.

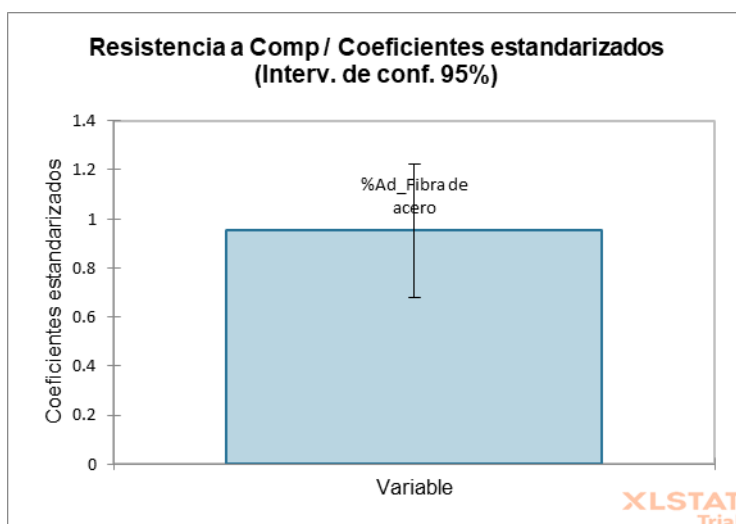
**Ecuación del modelo (Resistencia a Comp):**

$$\text{Resistencia a Comp} = 235.205251089064 + 255.730631156383 * \% \text{Ad\_Fibra de acero}$$

*Nota:* Regresión lineal busca encontrar una ecuación lineal entre la relación de porcentaje de fibra y Resistencia a la compresión.

**Figura 9.**

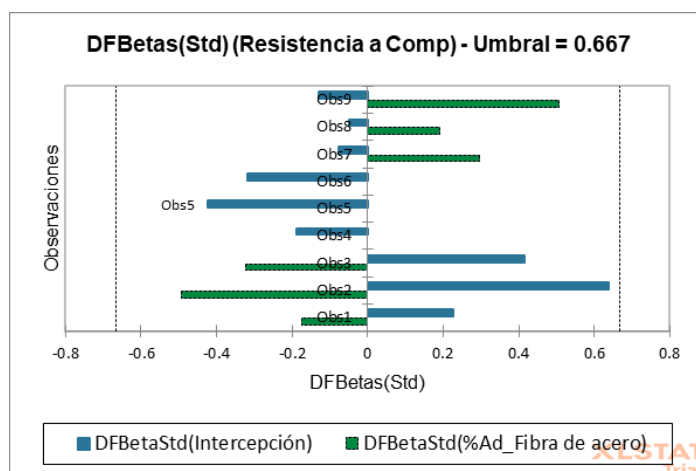
*Coefficientes estandarizados para la edad de 14 días (variable: fibra de acero)*



*Nota:* Diagrama de cajas, en un intervalo de confiabilidad dentro de un rango 95%.

**Figura 10.**

*Umbral de error para la edad de 14 días (variable: fibra de acero)*



*Nota:* Errores admitidos, que se encuentran dentro del margen de error.

**Tabla 16.**

*Matriz de correlaciones para la edad de 14 días (variable: adición de fibra de vidrio)*

<b>Matriz de correlaciones:</b>		
	%Ad_Fibra de Vidrio	Resistencia a Comp
%Ad_Fibra de Vidrio	<b>1</b>	0.862
Resistencia a Comp	0.862	<b>1</b>

*Nota:* La correlación entre la resistencia respecto al porcentaje de fibra de vidrio.

**Tabla 17.**

*Regresión de variable para la edad de 14 días (variable: adición de fibra de vidrio)*

<b>Regresión de la variable Resistencia a Comp:</b>	
Estadísticos de bondad del ajuste (Resistencia a Comp):	
Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R <sup>2</sup>	0.843

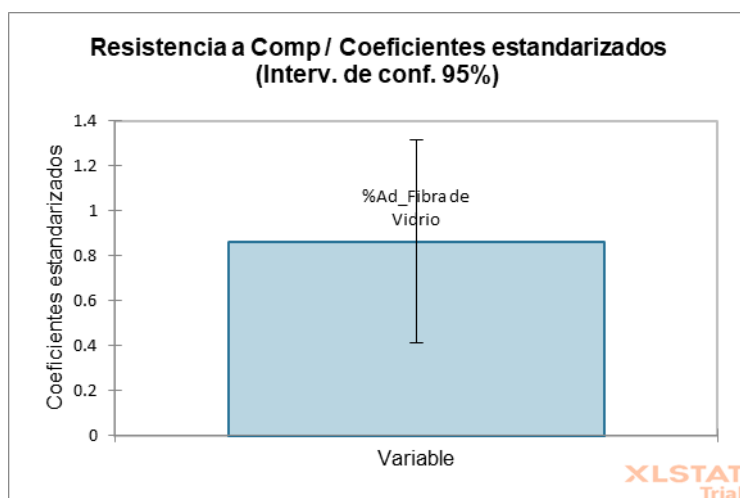
*Nota:* Datos de medida de bondad de ajuste de la resistencia a la compresión.

**Ecuación del modelo (Resistencia a Comp):**

$$\text{Resistencia a Comp} = 243.373810225951 + 871.598066313965 * \%Ad\_Fibra$$

*Nota:* Regresión lineal busca encontrar una ecuación lineal entre la relación de porcentaje de fibra y Resistencia a la compresión.

**Figura 11.** *Coefficientes estandarizados edad de 14 días (variable: adición de fibra de vidrio)*



*Nota:* Diagrama de cajas, en un intervalo de confiabilidad dentro de un rango 95%.

**Tabla 18.**

*Matriz de correlaciones para la edad de 14 días (variable: adición de fibra de poliestireno)*

<b>Matriz de correlaciones:</b>		
	%Ad_Fibra de poliestireno	Resistencia a Comp
%Ad_Fibra de poliestireno	<b>1</b>	-0.998
Resistencia a Comp	-0.998	<b>1</b>

*Nota:* La correlación entre la resistencia respecto al porcentaje de fibra de poliestireno.

**Tabla 19.**

*Regresión simple de la resistencia a la compresión correspondiente a la adición de la variable poliestireno.*

Regresión de la variable Resistencia a Comp:	
Estadísticos de bondad del ajuste (Resistencia a Comp):	
Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R <sup>2</sup>	0.995

*Nota:* Datos de medida de bondad de ajuste de la resistencia a la compresión.

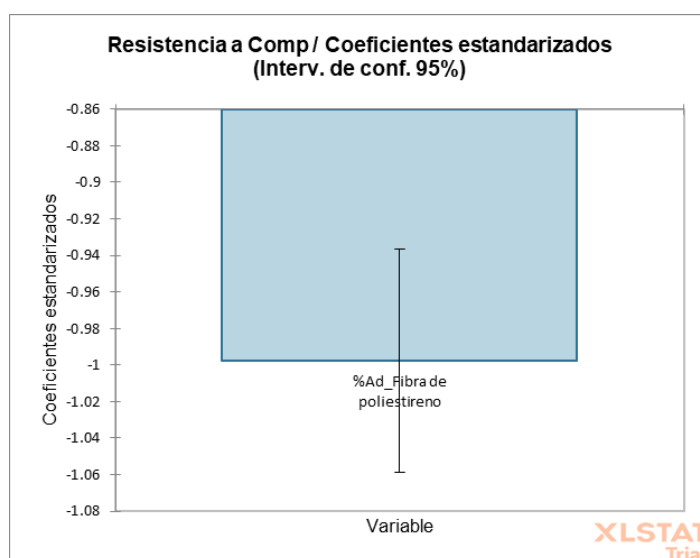
**Ecuación del modelo (Resistencia a Comp):**

$$\text{Resistencia a Comp} = 237.494027303036 - 235.208301227719 * \% \text{Ad\_Fibra de poliestireno}$$

*Nota:* Regresión lineal busca encontrar una ecuación lineal entre la relación de porcentaje de fibra y Resistencia a la compresión.

**Figura 12.**

*Coefficientes estandarizados edad de 14 días (variable: adición de fibra de poliestireno)*



*Nota:* Diagrama de cajas, en un intervalo de confiabilidad dentro de un rango 95%

Las muestras 1, 2 y 3 tienen resistencias a compresión idénticas en los tres materiales, lo que sugiere que no hay variabilidad en estos valores.

Las muestras 4, 5 y 6 muestran cierta variabilidad en los valores de resistencia a compresión en los tres materiales. La resistencia a compresión del vidrio en estas muestras es más alta que la del acero y el poliestireno, y también hay variabilidad entre las muestras.

Las muestras 7, 8 y 9 tienen resistencias a compresión diferentes en los tres materiales, y la resistencia del acero es más alta en comparación con el vidrio y el poliestireno. Además, en estas muestras, el poliestireno tiene la resistencia más baja.

En general, la muestra 7 muestra las resistencias más altas en acero y vidrio, mientras que la muestra 4 muestra la resistencia más alta en poliestireno.

La muestra 7 muestra la mayor variabilidad en la resistencia a compresión del poliestireno, con una desviación estándar de 1.03.

Dado que las muestras 4, 5 y 6 muestran cierta variabilidad, podría ser importante investigar las posibles razones detrás de esta variabilidad en los valores de resistencia a compresión.

### **Tabla 20.**

#### *Resumen de Resistencia a la compresión a los 28 días de edad*

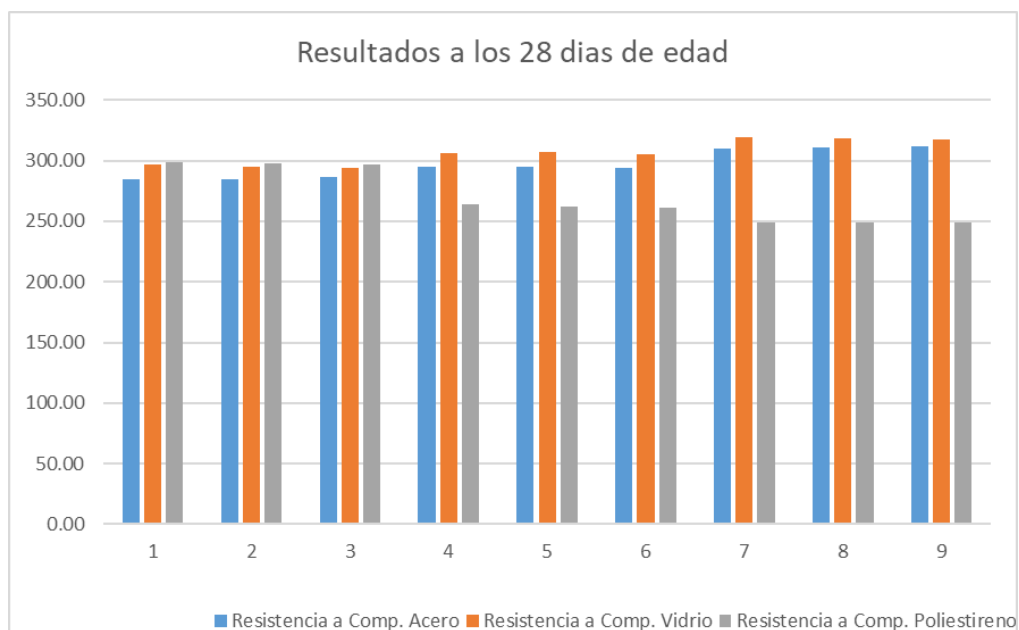
Muestra	Resistencia a Comp. Acero	Resistencia a Comp. Vidrio	Resistencia a Comp. Poliestireno
1	284.98	296.69	298.69
2	284.95	295.19	298.19
3	286.40	294.16	297.16
4	294.69	306.17	263.87
5	295.19	307.05	262.26
6	294.16	305.27	261.25
7	310.20	319.70	248.83
8	311.15	318.03	249.17
9	311.61	317.09	248.99

*Nota:* Fuente: Elaboración propia

En promedio, la resistencia a compresión es mayor en el material de acero 293.91 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con el vidrio 307.72 kg/cm<sup>2</sup> y el poliestireno 259.52 kg/cm<sup>2</sup>.

**Figura 13.**

*Resultados a los 28 días de edad*



*Nota:* Fuente: Elaboración propia

**Tabla 21.**

*Matriz de correlaciones para fibra de acero*

<b>Matriz de correlaciones:</b>		
	%Ad_Fibra de acero	Resistencia a Comp
%Ad_Fibra de acero	<b>1</b>	0.986
Resistencia a Comp	0.986	<b>1</b>

*Nota:* La correlación entre la resistencia respecto al porcentaje de fibra de acero.

**Tabla 22.**

*Regresión lineal correspondiente a los resultados de la Resistencia a la compresión de la variable de fibra de acero*

<b>Regresión de la variable Resistencia a Comp:</b>	
Estadísticos de bondad del ajuste (Resistencia a Comp):	
Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R <sup>2</sup>	0.872
R <sup>2</sup> ajustado	0.868

*Nota:* Datos de medida de bondad de ajuste de la resistencia a la compresión.

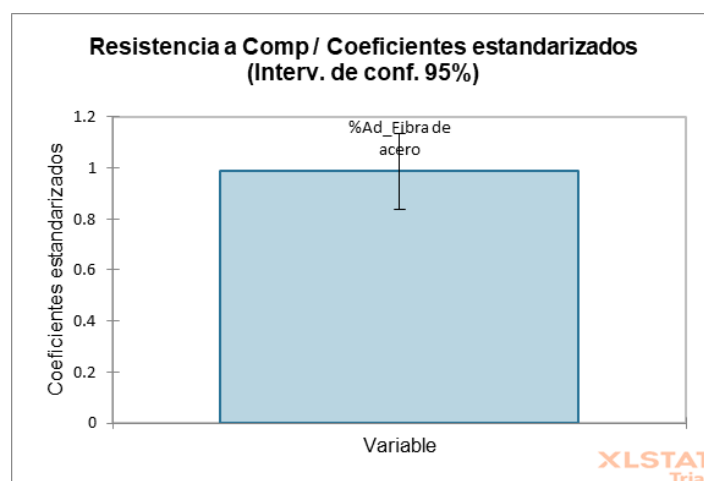
**Ecuación del modelo (Resistencia a Comp):**

$$\text{Resistencia a Comp} = 284.265115744425 + 255.424632017024 * \%Ad\_Fibra \text{ de acero}$$

*Nota:* Regresión lineal busca encontrar una ecuación lineal entre la relación de porcentaje de fibra y Resistencia a la compresión.

**Figura 14.**

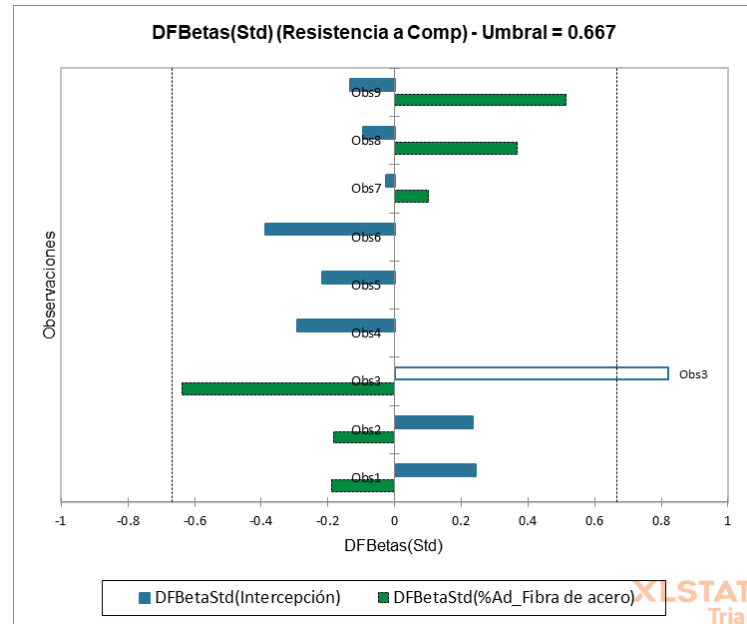
*Coefficientes estandarizados edad de 28 días (variable: adición de fibra de acero)*



*Nota:* Diagrama de cajas, en un intervalo de confiabilidad dentro de un rango 95%

**Figura 15.**

*Umbral de error a la edad de 28 días (variable: adición de fibra de acero)*



*Nota:* Errores admitidos, que se encuentran dentro del margen de error.

**Tabla 23.**

*Matriz de correlaciones de los resultados obtenidos para la resistencia a la compresión de la adición de fibra de vidrio.*

<b>Matriz de correlaciones:</b>		
	%Ad_Fibra de Vidrio	Resistencia a Comp
%Ad_Fibra de Vidrio	<b>1</b>	0.994
Resistencia a Comp	0.994	<b>1</b>

*Nota:* La correlación entre la resistencia respecto al porcentaje de fibra de vidrio.

**Tabla 24.**

*Resultados de la regresión simple de la Resistencia a la compresión de la variable fibra de vidrio*

<b>Regresión de la variable Resistencia a Comp:</b>	
Estadísticos de bondad del ajuste (Resistencia a Comp):	
Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R <sup>2</sup>	0.887
R <sup>2</sup> ajustado	0.885

*Nota:* Datos de medida de bondad de ajuste de la resistencia a la compresión.

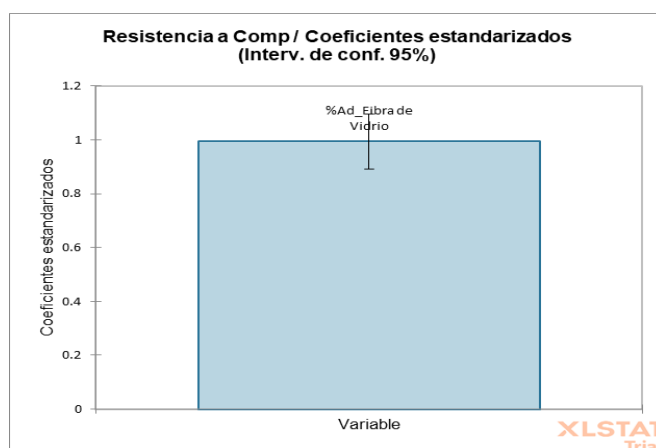
**Ecuación del modelo (Resistencia a Comp):**

$$\text{Resistencia a Comp} = 295.72170884875 + 652.317018594278 * \%Ad\_Fibra\ de\ Vidrio$$

*Nota:* Regresión lineal busca encontrar una ecuación lineal entre la relación de porcentaje de fibra y Resistencia a la compresión.

**Figura 16.**

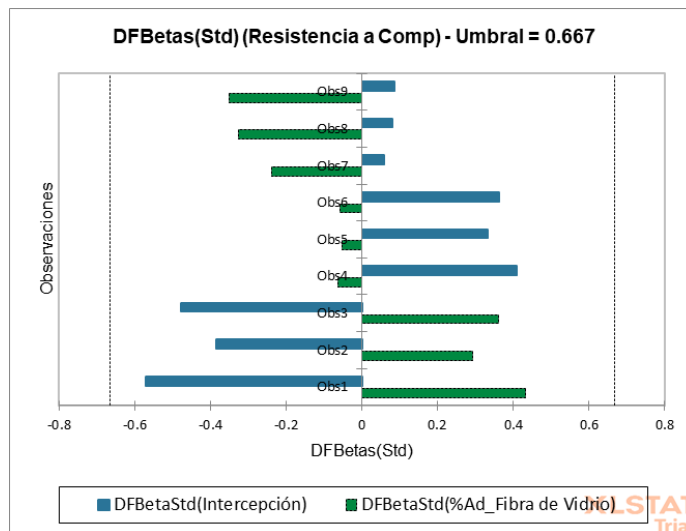
*Coefficientes estandarizados edad de 28 días (variable: adición de fibra de vidrio)*



*Nota:* Diagrama de cajas, en un intervalo de confiabilidad dentro de un rango 95%

**Figura 17.**

*Umbral de error a la edad de 28 días (variable: adición de fibra de vidrio)*



*Nota:* Errores admitidos, que se encuentran dentro del margen de error.

**Tabla 25.**

*Matriz de Correlaciones de los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión para la variable de adición de fibras de poliestireno*

<b>Matriz de correlaciones:</b>		
	%Ad_Fibra de poliestireno	Resistencia a Comp
%Ad_Fibra de poliestireno	<b>1</b>	-0.997
Resistencia a Comp	-0.997	<b>1</b>

*Nota:* La correlación entre la resistencia respecto al porcentaje de fibra de poliestireno

**Tabla 26.**

*Resultados de la regresión simple de la Resistencia a la compresión de la variable fibra de poliestireno*

<b>Regresión de la variable Resistencia a Comp:</b>	
Estadísticos de bondad del ajuste (Resistencia a Comp):	
Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	7
R <sup>2</sup>	0.895
R <sup>2</sup> ajustado	0.894

Nota: Datos de medida de bondad de ajuste de la resistencia a la compresión.

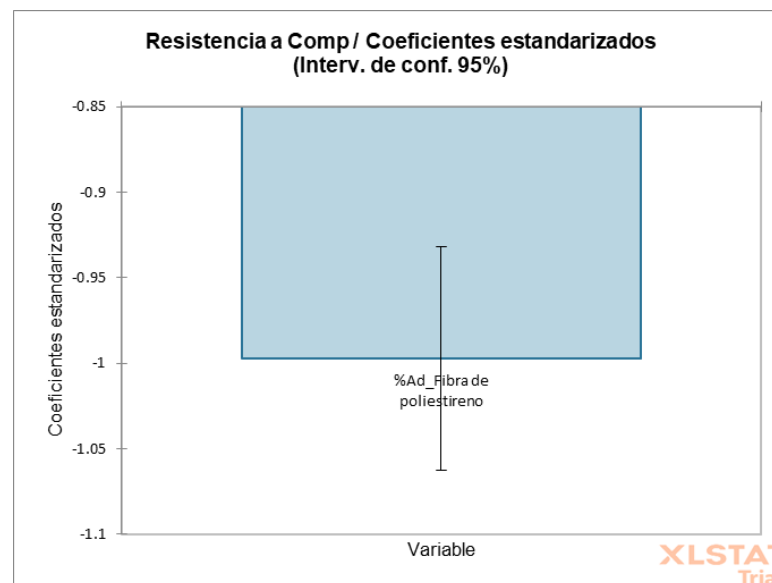
**Ecuación del modelo (Resistencia a Comp):**

$$\text{Resistencia a Comp} = 297.397642247873 - 330.895226642482 * \%Ad\_Fibra \text{ de poliestireno}$$

Nota: Regresión lineal busca encontrar una ecuación lineal entre la relación de porcentaje de fibra y Resistencia a la compresión.

**Figura 18.**

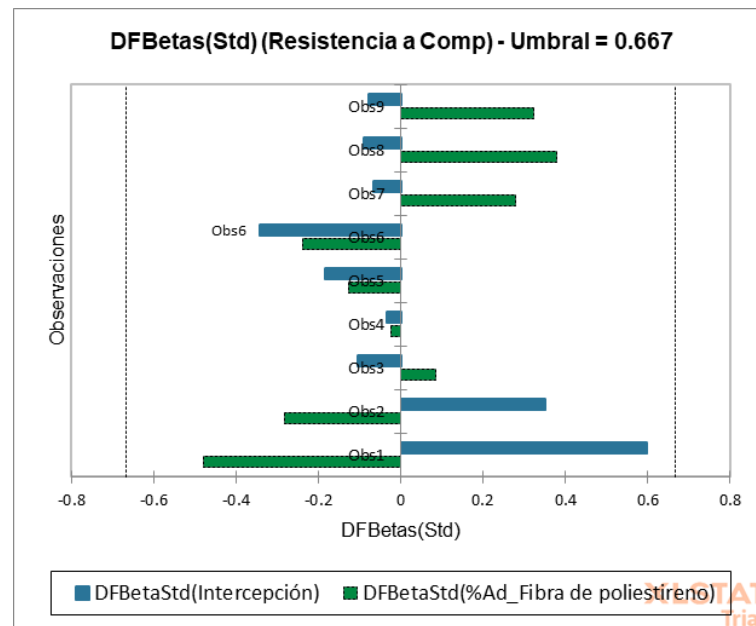
*Coefficientes estandarizados para 28 días de edad (variable: Fibra de poliestireno)*



Nota: Diagrama de cajas, en un intervalo de confiabilidad dentro de un rango 95%

**Figura 19.**

*Umbral de error a la edad de 28 días (variable: adición de fibra de poliestireno)*



*Nota:* Errores admitidos, que se encuentran dentro del margen de error.

En promedio, la resistencia a compresión es mayor en el material de acero 293.91 kg/cm<sup>2</sup>, en comparación con el vidrio 307.72 kg/cm<sup>2</sup> y el poliestireno 259.52 kg/cm<sup>2</sup>

El material de poliestireno muestra la menor variabilidad en la resistencia a compresión, ya que tiene la desviación estándar más baja.

En general, las muestras de acero y vidrio tienen resistencias a compresión más altas que las muestras de poliestireno.

Las muestras 7, 8 y 9 parecen tener valores más altos en todas las categorías de materiales. Podría ser interesante investigar por qué estas muestras tienen valores más altos en todas las categorías.

Las muestras de poliestireno tienen una resistencia a compresión bastante baja en comparación con las otras dos categorías.

## Resultados de los ensayos a flexión realizados en las viguetas de concreto

**Tabla 27.**

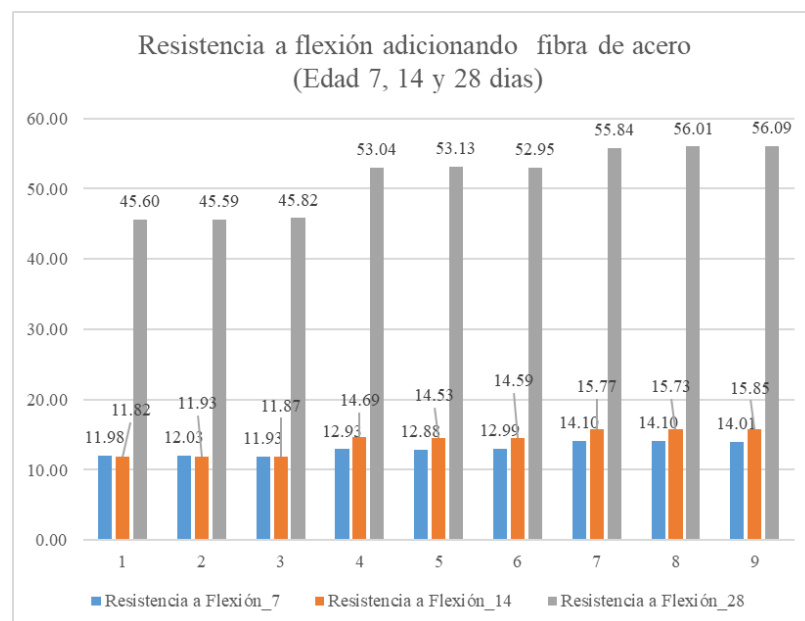
*Resultados del ensayo a flexión de viguetas de concreto adicionando con fibra de acero para viguetas edad de 7, 14 y 28 días*

Ensayo Viguetas			
Ítem	Resistencia a flexión para 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a flexión para 14 días(kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a flexión para 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11.98	11.82	45.60
2	12.03	11.93	45.59
3	11.93	11.87	45.82
4	12.93	14.69	53.04
5	12.88	14.53	53.13
6	12.99	14.59	52.95
7	14.10	15.77	55.84
8	14.10	15.73	56.01
9	14.01	15.85	56.09

*Nota:* Fuente: Elaboración propia

**Figura 20.**

*Resistencia a flexión adicionando fibra de acero. Edad 7, 14 y 28 días*



*Nota:* Fuente: Elaboración propia

**Variabilidad en la resistencia del ensayo a flexión:**

Se puede observar que la resistencia a flexión aumenta significativamente a medida que aumenta el tiempo de curado. Esto es consistente con el comportamiento típico de los materiales de construcción, ya que las viguetas ganan resistencia con el tiempo a medida que se endurecen.

**Dispersión de datos:**

La variabilidad en los resultados es notable. Por ejemplo, en el caso de la resistencia a flexión a los 7 días, los valores varían desde 11.82 kg/cm<sup>2</sup> hasta 14.69 kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica una diferencia significativa entre las muestras de las viguetas debido a que se ensayaron a 0%, 5% y 10% de añadidura de la fibra de acero. Esta variabilidad podría ser preocupante, ya que es importante tener resultados consistentes para garantizar la seguridad en la construcción.

**Calidad del proceso:**

Los resultados en la resistencia a flexión a los 28 días son los más importantes en la construcción, debido principalmente a que indican la fuerza máxima que las viguetas pueden soportar.

En resumen, estos datos muestran una tendencia general de aumento en la resistencia a flexión con el tiempo, pero también revelan una variabilidad considerable en los resultados debido principalmente a que se añadió 5% de fibra de acero para cada 3 muestras, teniendo en total 9 muestras. Además, que al ser comparadas con la muestra patrón estas alcanzaron una mejora de la resistencia a flexión en un orden de 12.67% en promedio.

**Tabla 28.**

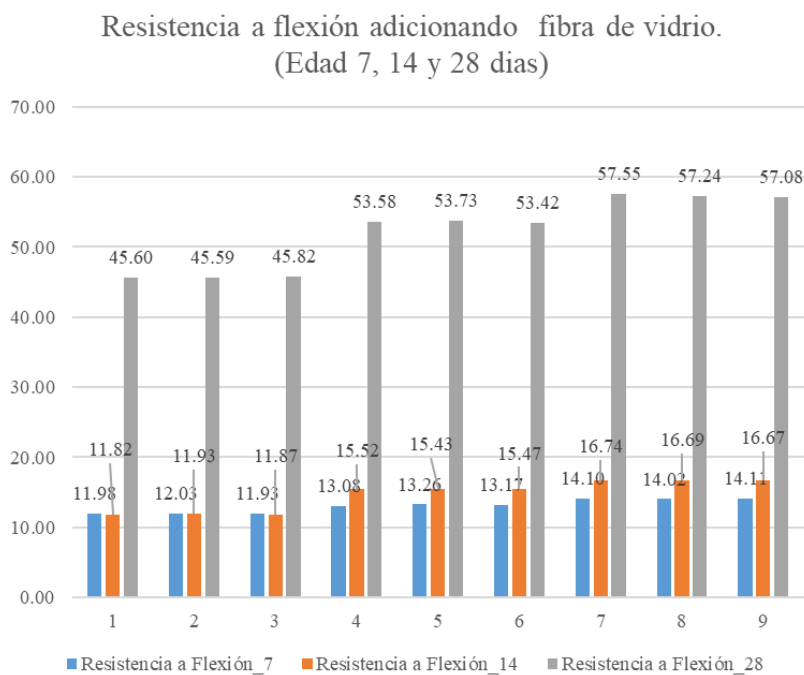
*Resultados de la resistencia a flexión de concreto adicionado con fibra de vidrio para viguetas edad de 7, 14 y 28 días*

Ensayo de Viguetas de fibra de vidrio			
Ítem	Resistencia a Flexión para 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Flexión para 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Flexión para 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11.98	11.82	45.60
2	12.03	11.93	45.59
3	11.93	11.87	45.82
4	13.08	15.52	53.58
5	13.26	15.43	53.73
6	13.17	15.47	53.42
7	14.10	16.74	57.55
8	14.02	16.69	57.24
9	14.11	16.67	57.08

*Nota:* Fuente: Elaboración propia

**Figura 21.**

*Resistencia a flexión adicionando fibra de vidrio. Edad 7, 14 y 28 días*



*Nota:* Fuente: Elaboración propia

**Tendencia en el aumento de resistencia:**

Al igual que en el cuadro anterior, se observa una tendencia general de aumento en la resistencia a compresión a medida que aumenta el tiempo de curado. Esto es un comportamiento esperado en el endurecimiento de materiales de construcción.

**Reducción en la variabilidad:**

En comparación con el cuadro anterior, los datos en este cuadro muestran una menor variabilidad en los resultados. La gama de valores en cada punto de tiempo es más estrecha, lo que indica una mayor consistencia en la calidad de las viguetas o en las pruebas.

**Importancia de los 28 días:**

A los 28 días, los valores de resistencia a flexión oscilan entre 45.60 kg/cm<sup>2</sup> y 57.08 kg/cm<sup>2</sup>. Aunque todavía hay cierta variabilidad, esta es menor que en el cuadro anterior. Los resultados a los 28 días son los más importantes en términos de determinar la capacidad de carga de las viguetas, y la mejora en la consistencia es un signo positivo. Además, que al ser comparadas con la muestra patrón estas alcanzaron una mejora de la resistencia a flexión del 27.34% en promedio.

**Control de calidad:**

Los datos sugieren que se ha realizado un esfuerzo para mejorar la calidad del proceso de fabricación y pruebas. Esta mejora en la consistencia y la reducción de la variabilidad son indicativos de un mejor control de calidad en la producción de las viguetas.

**Tabla 29.**

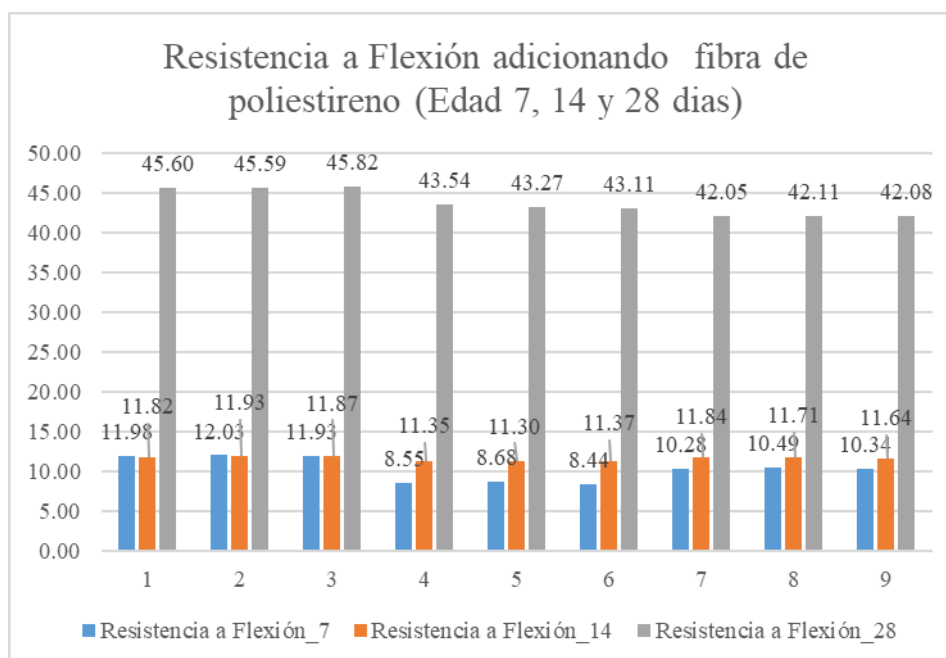
*Resultados de la resistencia a flexión de concreto adicionado con fibra de poliestireno para viguetas edad de 7, 14 y 28 días.*

<b>Ensayo de Viguetas de fibra de poliestireno</b>			
Ítem	Resistencia a Flexión para 7 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Flexión para 14 días (kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a Flexión para 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
1	11.98	11.82	45.60
2	12.03	11.93	45.59
3	11.93	11.87	45.82
4	8.55	11.35	43.54
5	8.68	11.30	43.27
6	8.44	11.37	43.11
7	10.28	11.84	42.05
8	10.49	11.71	42.11
9	10.34	11.64	42.08

*Nota:* Fuente: Elaboración propia

**Figura 22.**

*Resistencia a flexión adicionando fibra de poliestireno. Edad 7, 14 y 28 días*



*Nota:* Fuente: Elaboración propia

### **Tendencia decreciente:**

En contraste con los cuadros anteriores, en este conjunto de datos, se observa una tendencia decreciente en la resistencia a flexión a medida que aumenta el tiempo de curado. Además, que al ser comparadas con la muestra patrón estas alcanzaron una reducción de la resistencia a flexión del 22% en promedio.

### **Variabilidad y valores bajos:**

Los valores en los tres puntos de tiempo son bajos en comparación con los cuadros anteriores, y la variabilidad entre los resultados es significativa. Esto sugiere que las viguetas en este conjunto tienen una resistencia mucho menor que las viguetas anteriores, lo que plantea preocupaciones sobre su idoneidad para su uso en la construcción.

## ➤ **Discusión**

### **DISCUSIÓN ANTECEDENTES:**

#### ***Contexto de la Tesis***

El estudio realizado en Abancay tiene como objetivo evaluar cómo la adición de fibras de vidrio, poliestireno y acero afecta la resistencia a flexo-compresión del concreto con una resistencia de diseño  $f_c=280 \text{ kg/cm}^2$ , utilizando cemento tipo HE. Las preguntas de investigación y los objetivos están orientados a entender las influencias específicas de cada tipo de fibra en las propiedades mecánicas del concreto, destacando tanto la resistencia a la compresión como a la flexión.

#### ***Comparación con Antecedentes Internacionales***

##### **Fibra de Vidrio**

El trabajo de Zapata y Arango (2013) investiga la adición de fibra de vidrio en concreto, concluyendo que la fibra de vidrio mejora la resistencia a la compresión solo hasta un 1%, observando una disminución en resistencias mayores. La tesis de Abancay reporta resultados similares al obtener mejoras en la resistencia a la compresión del concreto con el

1.5% de fibra de vidrio, aunque no tan notables como con la fibra de acero. Estos hallazgos son consistentes con la tendencia observada por Huaman (2015), quien también encontró aumentos leves en resistencia con fibra de vidrio, oscilando entre un 2% y 5%, reafirmando que la fibra de vidrio puede mejorar la resistencia a la compresión, pero su efecto es limitado cuando se excede cierta proporción.

### **Fibra de Acero**

En el estudio de Mármol (2010), se observa que la adición de fibras de acero reduce la trabajabilidad de la mezcla, pero mejora las propiedades mecánicas, algo que también se menciona en la investigación de García (2018), quien reporta un incremento notable en la resistencia del concreto con fibras de acero, especialmente a la flexión. La tesis de Abancay confirma este comportamiento, mostrando que la fibra de acero, tanto en un 5% como en un 10%, mejora la resistencia a la compresión y flexión, con incrementos del 6% y 12.67%, respectivamente. Esta coherencia con los estudios previos fortalece la evidencia de que las fibras de acero son eficaces para mejorar la resistencia estructural del concreto, aunque requieren una adecuada dosificación para evitar problemas en la mezcla.

### **Fibra de Poliestireno**

Los estudios de Medina y Cifuentes (2007) y Flores y Mendoza (2020) indican que la fibra de poliestireno puede mejorar la ductilidad y flexibilidad del concreto, aunque los resultados en cuanto a la resistencia mecánica varían. Mientras algunos estudios destacan mejoras en la resistencia a la compresión y flexión, los resultados de la tesis de Abancay muestran que la adición de poliestireno, especialmente en proporciones del 10% y 15%, reduce la resistencia del concreto en aproximadamente un 15% y 22%, respectivamente. Esto contrasta con los hallazgos positivos de Medina y Cifuentes, sugiriendo que el poliestireno puede no ser ideal para todas las aplicaciones o que su efectividad depende de la composición específica de la mezcla y las condiciones de la obra.

## ***Comparación con Antecedentes Nacionales***

### **Estudios con Fibras de Acero**

A nivel nacional, Ramos (2021) y Miranda y Rado (2019) también destacan la capacidad de las fibras de acero para mejorar la resistencia del concreto. Ramos, al estudiar vigas con refuerzos adicionales de fibra de acero, notó mejoras en la resistencia y rigidez, hallazgos que se alinean con los resultados de la tesis de Abancay. Igualmente, Miranda y Rado encontraron que el concreto reforzado con fibras de acero es una solución viable para la construcción de pavimentos rígidos en Perú, sugiriendo que la fibra de acero tiene un amplio rango de aplicaciones en distintos contextos estructurales, como también se observa en la tesis de Abancay.

### **Fibra de Vidrio**

Palma y Manrique (2020), en su estudio sobre el uso de partículas de vidrio en concretos convencionales en Arequipa, concluyeron que la adición de vidrio mejora las propiedades del concreto, aunque no siempre de manera significativa. Esto se refleja también en la tesis de Abancay, donde se observan incrementos moderados en la resistencia del concreto al incorporar fibras de vidrio, confirmando que su uso puede ser beneficioso, aunque sus efectos son menos impactantes en comparación con el acero.

### ***Implicaciones de la Tesis Actual***

Los resultados obtenidos en Abancay confirman la tendencia observada en investigaciones previas tanto nacionales como internacionales. La fibra de acero destaca como la adición más efectiva para mejorar la resistencia a compresión y flexión del concreto, seguida de la fibra de vidrio, la cual aporta mejoras moderadas. En contraste, la fibra de poliestireno muestra una disminución en las propiedades mecánicas, lo que sugiere que no es recomendable para mejorar la resistencia estructural del concreto en las proporciones evaluadas.

### **Conclusión**

La tesis sobre la "Influencia De Incorporación de Fibras de Vidrio, Poliestireno y Acero en el Concreto  $f_c=280$  kg/cm<sup>2</sup> con Cemento Tipo HE, Abancay - 2023" confirma y amplía el conocimiento existente sobre el uso de fibras en concreto. Mientras que la fibra de acero y la fibra de vidrio muestran mejoras consistentes en la resistencia mecánica, la fibra de poliestireno parece ser menos adecuada para incrementar la resistencia del concreto, lo que sugiere que su uso debe ser evaluado cuidadosamente dependiendo de las necesidades específicas del proyecto estructural. Estos resultados son consistentes con estudios previos, consolidando la importancia de un uso adecuado de fibras en mezclas de concreto para mejorar su rendimiento.

Por otro lado, se tiene las siguientes discusiones:

La presente investigación tuvo como objetivo determinar cuál es la influencia de incorporar fibra de vidrio, poliestireno y acero a la elaboración de concreto convencional con  $f_c= 280$  kg/cm<sup>2</sup> con cemento tipo HE a la resistencia a la flexo-compresión.

#### **a) Contraste de resultados con referentes del marco teórico**

##### **¿Por qué se lavó el material?**

Se llevó a cabo el lavado del agregado debido a la presencia de materiales contaminantes en la superficie de éste, los cuales pueden reducir la resistencia del concreto. Por esa razón se decidió llevar a cabo el lavado obteniendo resultados satisfactorios para la fabricación de concreto y para evaluar posteriormente sus propiedades mecánicas, tal como se muestra en el capítulo de resultados.

##### **¿Cuál es la relación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión?**

Según la Asociación Nacional de Concreto Preparado (2000), el Módulo de Rotura oscila entre el 10% y el 20% de la resistencia a compresión, en función del tipo, tamaño y cantidad de árido empleado. No obstante, los mejores resultados en materia de correlación

para materiales específicos se obtienen a través de pruebas en laboratorio para los materiales y el diseño de la mezcla.

**b) Interpretación de los resultados encontrados en la investigación**

**¿La adición de distintos tipos de fibras como el acero, poliestireno y vidrio, mejoran la resistencia a FLEXO-COMPRESION del concreto  $f'_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con cemento HE?**

Según los resultados y posteriormente el proceso estadístico realizado demuestran que hay una mejora significativa con respecto a la adición de estas fibras debido a que al solo añadir los porcentajes de 5 y 10% para fibras de acero, 1.5% y 3.5% para fibras de vidrio y 10% y 15% fibras de poliestireno en los porcentajes anteriormente señalados de cada se obtienen resultados que mejoran la resistencia entre un 10 a 15% al añadir fibra de vidrio, acero y poliestireno respectivamente.

**c) Comentario de la demostración de la hipótesis**

**¿La adición de los porcentajes de distintos tipos de fibras como el acero, poliestireno y vidrio, mejoran la resistencia a flexo-compresión en un 15% del concreto  $f'_c = 280$  kg/cm<sup>2</sup> elaborado con cemento HE influyen en la resistencia a compresión y flexo-compresión?**

Tras la evaluación de los resultados de resistencia a la compresión del concreto, se presentó una mejora parcial con respecto al concreto convencional mejorándose en 15% (al utilizar fibra de vidrio y acero) con respecto al concreto patrón el cual se obtuvo con 285.44 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a las 28 días en comparación de las muestras con fibra de vidrio, acero y poliestireno las cuales fueron 312.02 kg/cm<sup>2</sup>, 302.83 kg/cm<sup>2</sup> y 255.73 kg/cm<sup>2</sup>

respectivamente, obteniéndose mejores resultados para el concreto elaborado con poliestireno.

Cabe señalar que la adición de las fibras de acero llegó a mejorar la resistencia a compresión en 13% a comparación de las muestras patrón.

**d) Aporte de la investigación**

**¿Por qué se desarrolló la dosificación de la mezcla para la obtención de CONCRETO ADICIONADO mediante la metodología del ACI?**

El American Concrete Institute (ACI) es una entidad estadounidense que busca disponer estándares, normativas y sugerencias técnicas en relación al concreto. Estas normas son ampliamente empleadas para la fabricación de concreto, por lo cual se optó por innovar con la metodología ACI 237R-07 aprobada nuevamente en 2019 para el diseño de la mezcla de concreto autocompactante con materiales locales, alcanzando los requerimientos especificados por las normas vigentes.

**¿Por qué se utilizó cemento tipo HE?**

El cemento tipo HE ofrece alta resistencia a edad temprana por lo cual este mismo permite elaborar concreto con mayores resistencias mecánicas.

**¿Por qué se utilizó fibras de vidrio, acero y poliestireno?**

Primeramente estas fibras se utilizaron para mejorar las propiedades mecánicas del concreto convencional, aumentar la resistencia a la compresión y reducir la porosidad, estas fibras actúan como refuerzo en la estructura del concreto reduciéndose la posibilidad de que se produzcan grietas debido a la contracción plástica o térmica, en el caso de la fibra de poliestireno este otorga una resistencia a la corrosión del concreto aumentando su durabilidad, las fibras de vidrio minimiza las grietas por contracción, reduce el tamaño de los poros mejorando la durabilidad de la estructura.

e) **Incorporación de temas nuevos que se han presentado durante el proceso de la investigación que no estaba considerado dentro de los objetivos de la investigación.**

- Diseño de mezcla del concreto con adición de fibras de vidrio, acero y poliestireno.

Durante el desarrollo de la investigación se diseñó una mezcla con el objetivo de lograr las propiedades requeridas para el concreto. Para poder cumplir con las normas establecidas, los ajustes en la dosificación se hicieron de acuerdo a la capacidad de paso, la capacidad de relleno y la resistencia a la segregación del concreto, logrando así alcanzar los resultados deseados.

- Evaluación estadística de los datos y resultados obtenidos.

Se aplicaron procesos estadísticos descritos en el marco teórico para evaluar las propiedades mecánicas del concreto en el que se habían añadido fibras sintéticas, con el objetivo de cumplir con las especificaciones de los estándares de ACI y ASTM.

## VI. Conclusiones

En relación al objetivo general: Se **Analizó la influencia de la incorporación de fibras de vidrio, poliestireno y acero en la resistencia de concreto  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.**

Los resultados obtenidos de la resistencia a la compresión de las muestras con fibras superaron la resistencia promedio del concreto convencional, especialmente para las fibras de vidrio y acero. Sin embargo, se controlará que las fibras de poliestireno no lograrán superar la resistencia del concreto patrón, todo ello en comparación del concreto convencional por lo cual se pudo demostrar parcialmente la hipótesis general el cual indica “La adición de distintos tipos de fibras como el acero, poliestireno y vidrio, mejoran la resistencia a flexo-compresión en diferentes proporciones del concreto  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.

En relación al objetivo específico N° 01. Se **Determino la influencia de incorporación de la fibra de vidrio en la resistencia a flexo-compresión de concreto  $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE**

La adición de fibra de vidrio favoreció en mejorar la resistencia a la compresión en un orden de 0.994 más en comparación del concreto convencional, además de mejorar su resistencia a la fatiga, su resistencia a la tracción y su resistencia a la rotura. Estas propiedades mejoran la resistencia al desgaste y al impacto, y la durabilidad de los productos de concreto. También ayuda a reducir el tamaño de los agregados, lo que reduce el volumen de materiales para la producción de concreto. Esto lleva a una reducción en los costos de producción. La fibra de vidrio también mejora el comportamiento del concreto cuando se expone a temperaturas extremas, como el calor o el frío, y reduce el peligro de grietas por temperatura o envejecimiento.

En relación al objetivo específico N° 02: Se **Determino la influencia de incorporación de la fibra de poliestireno en la resistencia a flexo-compresión de concreto  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.**

La adición de fibra de poliestireno no favoreció en mejorar la resistencia a la compresión llegando a un coeficiente de -0.997 en comparación del concreto convencional además se muestran los mismos resultados para la resistencia a la flexión.

En relación al objetivo específico N°03: Se **Determino la influencia de incorporación de las fibras de acero en la resistencia a flexo-compresión de concreto  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.**

La adición de fibra de acero favoreció en mejorar la resistencia a la compresión en un orden de 0.986 más en comparación del concreto convencional así misma mejora sus propiedades de resistencia a la fractura. Esto se debe a que las fibras de acero forman una red de refuerzo en el concreto, lo que ayuda a prevenir la propagación de grietas y a resistir las tensiones que pueden desarrollarse durante el enfriamiento y contracción del concreto. Asimismo, la fibra de acero también puede mejorar la resistencia al impacto del concreto, lo que le confiere una mejor durabilidad.

## VII. Recomendaciones

En relación al Objetivo Específico N° 01: Se **Determino la influencia de incorporación de la fibra de vidrio en la resistencia a flexo-compresión de concreto  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.**

**Recomendación:** Se recomienda utilizar fibras de vidrio en proporciones entre el 1.5% y el 3.5% para mejorar la resistencia a la flexión y compresión del concreto, ya que en estos porcentajes se observa un comportamiento favorable. Para aplicaciones estructurales donde se requiere mayor resistencia a flexión, como losas o elementos sometidos a cargas laterales, las fibras de vidrio pueden ser una opción viable. Sin embargo, es recomendable no exceder estos porcentajes, ya que estudios previos como los de Zapata y Arango (2013) sugieren que cantidades mayores de fibra de vidrio pueden reducir la resistencia.

En relación al Objetivo Específico N° 02: Se **Determino la influencia de incorporación de la fibra de poliestireno en la resistencia a flexo-compresión de concreto  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.**

**Recomendación:** Dado que la adición de fibra de poliestireno mostró una disminución significativa en la resistencia a compresión y flexión, se recomienda utilizarla con cautela y solo en aplicaciones donde la ductilidad sea más importante que la resistencia, como en concretos no estructurales o con requisitos específicos de absorción de energía. Se sugiere realizar estudios adicionales para evaluar si proporciones menores a las evaluadas en esta tesis (por debajo del 10%) podrían ser más efectivas, tal como lo sugieren estudios como el de Medina y Cifuentes (2007).

En relación al Objetivo Específico N° 03: Se **Determino la influencia de incorporación de las fibras de acero en la resistencia a flexo-compresión de concreto  $f'c= 280 \text{ kg/cm}^2$  elaborado con cemento HE.**

**Recomendación:** Se recomienda la incorporación de fibras de acero en proporciones de entre 5% y 10%, ya que estas han demostrado mejorar tanto la resistencia a compresión como a flexión del concreto. Las fibras de acero son particularmente útiles en estructuras que requieren alta resistencia a tracción y flexión, como pavimentos, vigas o losas de gran tamaño. En proyectos donde la rigidez y la durabilidad son cruciales, el uso de estas fibras es una opción muy recomendable, tal como lo respaldan los antecedentes de García (2018) y Ramos (2021).

➤ *Recomendaciones Generales Basadas en los Antecedentes*

**Fibra de Vidrio:** Al ser un material con un buen comportamiento en la mejora de la resistencia a la flexión, se recomienda seguir evaluando diferentes proporciones de fibra de vidrio en función del tipo de proyecto y las necesidades específicas de resistencia. En elementos sometidos a esfuerzos de flexión, como vigas o muros de carga, puede ser una alternativa eficaz, pero se debe evitar su uso en proporciones muy altas (más del 3.5%).

**Fibra de Poliestireno:** Debido a que la fibra de poliestireno mostró una reducción en la resistencia en este estudio, su uso debería limitarse a aplicaciones no estructurales o a proyectos en los que se priorice la ligereza del material o su capacidad de absorción de impactos. Se recomienda estudiar mezclas con proporciones menores o en combinación con otros tipos de fibras, como el acero, para contrarrestar la disminución de resistencia.

**Fibra de Acero:** Considerando que la fibra de acero ha demostrado ser la más eficiente en mejorar las propiedades mecánicas del concreto, se recomienda su uso en proyectos donde se requiera máxima durabilidad y resistencia, como en pavimentos, estructuras de gran envergadura o elementos con altas cargas. Además, se sugiere realizar pruebas adicionales para evaluar su comportamiento a largo plazo en condiciones específicas

del clima y suelos locales, tal como lo sugieren los antecedentes de Miranda y Rado (2019) en regiones como Apurímac.

- Se recomienda realizar un estudio en donde se incorpore diferentes porcentajes de los tres polímeros en cada muestra para determinar una mayor diversidad de propiedades físico mecánicas del concreto  $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ .
- Se recomienda mezclar primero las fibras con el agregado fino para así poder evitar aglomeraciones y/o cúmulos en la mezcla.
- Se recomienda realizar estudios con edades de 21 días para poder observar el incremento de estas con el paso del tiempo.
- Según los resultados obtenidos se recomienda que las fibras de vidrio y acero sean utilizadas para elementos estructurales tales como, columnas. Vigas, losas de cimentación entre otras. Sin embargo, se recomienda el uso de las fibras de poliestireno para elementos estructurales que soporten menos carga como, por ejemplo, muros de concreto ciclópeo, losas deportivas. Pavimentos de bajo volumen de tránsito.

## VIII. Referencias

- Barros, F. (2012). *Diseño de Hormigones con Fibras de Poliestireno para Resistencias a la Compresión de 21 y 28 MPA con agregados de la Cantera de Pifo*. Quito: Universidad Central de Ecuador.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. Shalom.
- Borja, M. (2016). *Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros*. Chiclayo.
- Carhuapoma, W. (2018). *Efecto de las fibras de poliestireno para concretos de resistencias a la compresión de 210 Kg/cm<sup>2</sup> y 280 Kg/cm<sup>2</sup>, elaborados con agregados de la cantera Cochamarca – Pasco*. Pasco: Repositorio Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.
- Carlos, L. (2020). *Análisis comparativo de las características físico mecánicas de los cementos comerciales Portland tipo IP, HE y HS, en la región de Arequipa*. Arequipa: Repositorio Universidad Católica de Santa María.
- Carpio, F., & Quintanilla, C. (2021). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas y físicas del concreto empleando los agregados y cementos con mayor demanda comercial en la ciudad de Arequipa utilizando métodos de diseños de mezclas para resistencias  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$* . Arequipa: Repositorio Universidad Católica de Santa María.
- Ccopa, R., & Soto, E. (2018). *Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibra metálica*. Arequipa: Repositorio Universidad Nacional de San Agustín.
- Coasaca, G. (2018). *Análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del concreto utilizando distintos métodos de diseño de mezclas con los materiales típicos de la provincia de Arequipa*. Arequipa: Repositorio Universidad Católica de Santa María.

- Díaz, J. (2018). *Diseño de concreto  $f'c$  140, 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>, adicionando fibra de acero, utilizando agregado de la cantera Naranjillo, distrito de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, región San Martín*. Tarapoto: Repositorio Universidad de San Martín - Tarapoto.
- Flores, Y., & Mendoza, J. (2020). *Análisis de la correlación del módulo de rotura (MR) v.s. la resistencia a tracción indirecta ( $f't$ ) y compresión ( $f'c$ ) de concreto  $f'c = 280, 300, 350, 420$  kgf/cm<sup>2</sup> para pavimento rígido con fibras de poliestireno y fibras metálicas a los 7, 14 Y 28 días*. Arequipa: Repositorio Universidad Católica de Santa María.
- García, B. (2017). *Efecto de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup> en la ciudad de Puno*. Puno: Repositorio Universidad Nacional del Altiplano.
- García, J. (2018). *Diseño de concreto  $f'c$  140, 175 y 210 kg/cm<sup>2</sup>, adicionando fibra de acero, utilizando agregado de la cantera Naranjillo, distrito de Nueva Cajamarca, provincia de Rioja, región San Martín*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín.
- Gomez, M. (s.f.). *Introducción a la Metodología de la Investigación*.
- Gutierrez, M., & Palomino, K. (2015). *Análisis de las Propiedades Mecánicas del Concreto Reforzado con Fibras de Poliestireno y Acero, y su Uso en el Control de Fisuras por Contracción Plástica*. Arequipa: Universidad Católica de Santa María.
- Guzmán, L. (2020). *Análisis comparativo de las diferentes marcas de cemento del tipo I, tipo IP, tipo HS y tipo V, en el comportamiento del concreto en estado fresco y endurecido para las resistencias 210 kgf/cm<sup>2</sup> y 280 kgf/cm<sup>2</sup> utilizando agregados de 3 canteras de la ciudad*. Arequipa: Repositorio Universidad Católica de Santa María.

- Haaman, C., & Huamán, I. (2020). *Evaluación y comparación del módulo de elasticidad del concreto (Ec) en el tiempo en la ciudad de Arequipa*. Arequipa: Repositorio Universidad Católica de Santa María.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptiste, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Herrera, S., & Polo, M. (2017). *Estudio de las propiedades mecánicas del concreto en la ciudad de Arequipa, utilizando fibras naturales y sintéticas, aplicado para el control de fisuras por retracción plástica*. Arequipa: Repositorio Universidad Católica de Santa María.
- Huaman, A. (2015). *Comportamiento Mecánico del Concreto Reforzado con Fibra de Vidrio*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Instituto Geofísico del Perú. (1991). *Subdirección de Ciencias de la Atmósfera e Hidrósfera*.  
Obtenido de <http://met.igp.gob.pe/clima/HTML/arequipa.html>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2015). *Mapas INEI*. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitaes/Est/Lib1416/mapas.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitaes/Est/Lib1416/mapas.pdf)
- Marmol, P. (2010). *Hormigones con Fibras de Acero, Características Mecánicas*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- Medina, F., & Cifuentes, H. (2007). *Hormigón Reforzado con Fibras de Poliestireno. Influencia de la Ductibilidad de la Fibra sobre la Fragilidad y el Efecto Tamaño"*. Sevilla: Anales de la Mecánica de Fractura.
- Miranda, C., & Rado, M. (2019). *Propuesta de concretos reforzados con fibras de acero y cemento puzolánico para la construcción de pavimentos rígidos en la región de Apurímac*. Lima: Repositorio Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

- Mollo, B., & Rosas, J. (2019). *Influencia del agregado grueso sobre las propiedades del concreto de resistencia  $f'c=210$  Kg/cm<sup>2</sup>*. Arequipa: Repositorio Universidad Nacional de San Agustín.
- Muñoz, A., & Pacheco, D. (2018). *Estudio para la optimización del diseño de un concreto autocompactante reforzado con fibras de acero*. Arequipa: Repositorio Universidad Nacional de San Agustín.
- Niño, J. (2010). *Tecnología del Concreto Tomo 1: Materiales, Propiedades y Diseño de Mezclas*. (Tercera ed.). Bogotá D.C.: Asocreto.
- Ñaupas, D., & Sosa, D. (2019). *Comportamiento mecánico del concreto reforzados con fibra de acero en el análisis estructural de placas en el proyecto de ampliación del centro médico San Conrado en los Olivos, Lima - Perú*. Lima: Repositorio Universidad San Martín de Porres.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la Investigación, Cuantitativa - Cualitativa y Redacción de la Tesis* (Quinta ed.). México D.F.: Ediciones de la U.
- Palma, R., & Manrique, J. (2020). *Estudio del uso de partículas de vidrio en concretos con resistencias convencionales en la ciudad de Arequipa*. Arequipa: Repositorio Universidad Católica de Santa María.
- Ramirez, A. (s.f.). *Metodología de la investigación científica*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Ramos, J. (2021). *Estudio del comportamiento de vigas de concreto reforzadas y con refuerzo secundario adicional de fibras de acero, que presentan aberturas horizontales transversales*. Arequipa: Repositorio Universidad Nacional de San Agustín.

- Senamhi. (11 de marzo de 2020). *Senamhi*. Obtenido de Senamhi: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0018>
- SIKA. (2011). *Concreto Reforzado con Fibras*. *SIKA Informaciones Técnicas*.
- Sotomayor, C. (2020). *La Ciencia y el Arte del Concreto*. Lima: ConsultCreto.
- Sotomayor, C. (2021). *Cuarto Curso Especializado 2021. Diseño de Mezclas de Concreto Convencional y Especial para Edificaciones en Concreto Armado*. Lima: ConsultCreto.
- Stracuzzi, S., & Pestana, F. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa*. Caracas: Fedupel.
- Tagle, A., & Zapana, L. (2017). *Evaluación del deterioro del concreto con contenidos variables de aire incorporado y fibras de poliestireno sometido a congelamiento a edades tempranas*. Arequipa: Repositorio Universidad Nacional de San Agustín.
- Ureña, E. (2016). *Las fibras de vidrio, acero y poliestireno en forma de hilachas, aplicadas como fibras de refuerzo en la elaboración de morteros de cemento*. Ambato: Repositorio Universidad Técnica de Ambato.
- Vargas, J., & Peralta, C. (2020). *Análisis comparativo de nuevas canteras en proceso inicial de explotación elaborando concretos con cemento tipo IP, tipo I y tipo HE para  $f'c = 210 \text{ kgf/cm}^2$ , para TMN  $\frac{1}{2}$ " Y  $\frac{3}{4}$ " en la ciudad de Arequipa*. Arequipa: Repositorio Universidad Católica de Santa María.
- Weiss, J., Yang, W., & Shah, S. (1998). Shrinkage Cracking of Restrained Concrete Slabs. *Journal of Engineering Mechanics*, 765. doi: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9399\(1998\)124:7\(765\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9399(1998)124:7(765))
- Zapata, & Arango. (2013). *Influencia de la Fibra de Vidrio en las Propiedades Mecánicas de Mezclas de Concreto*. Bogotá: Universidad EAFIT.

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes