



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN
CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN
DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE
VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN
CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN
DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE
VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Dr. ARNALDO YANA TORRES

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

SEGUNDO MIEMBRO

:

Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

:

Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 137-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de marzo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- 000394 presentado por el (la) Bachiller: BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **1er Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- * **2do Miembro** : Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 03 de abril del 2025
- * **HORA** : 09:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

[Signature]

Mgtr. WALTER J. LIZARRAGA ARMIZA
DECANO (e)
CIP: 70808



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
OFICINA DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

[Signature]

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1724-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 14666 por el señor (a): **BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1472- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 324- 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 324- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
DR. NILTON QUISPE HUANCA
DECANO
C.I.P. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1234-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 11368, presentado el señor (a) BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 1104-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 324-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 324-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el señor (a): BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024 correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE MATERIALES.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS Dr. WILTHON QUISPE HUANCA DECANO CIP. 47790



INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS Dr. Efraín Parillo Sosa DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo 2024 Interesado (a)



EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to University of Zululand Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70072127
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-8366-661X
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARLLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02442876
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/PAEvstH2rCu8SneP6</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 - Marzo 2025
URL de disciplinas OCDE - Librería	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 DIRECTOR
 Dr. Efraín Mamani Apaza
 DIRECTOR
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA, identificado con DNI

Nro. 70072127, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL

CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO

DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otras por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliana 05 de mayo del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis papas, su amor y sacrificio me han dado la oportunidad de llegar hasta aquí; a mis hermanos, por su apoyo constante, ya mis amigos, que estuvieron siempre presentes durante este recorrido. Este logro también es de ustedes.



AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi asesor, por su orientación y paciencia durante el desarrollo de este trabajo; a mis profesores, por su dedicación y compromiso en mi formación; ya mis compañeros y amigos, que con su apoyo hicieron que este camino fuera más llevadero. También, a mi familia, por su amor incondicional y por impulsarme a alcanzar mis metas.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

ÍNDICE GENERAL iii

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE FIGURAS ix

RESUMEN x

ABSTRACT xi

INTRODUCCIÓN xii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática 14

1.2 Planteamiento del problema 15

 1.2.1 Problema General 15

 1.2.2 Problemas Específicos 15

1.3 Objetivos de la investigación 15

 1.3.1 Objetivo General 15

 1.3.2 Objetivos Específicos 16

1.4 Justificación de la investigación 16

 1.4.1 Justificación técnica 16

 1.4.2 Justificación social 16

 1.4.3 Justificación económica 17

1.5 Hipótesis de la Investigación 17

 1.5.1 Hipótesis General 17

 1.5.2 Hipótesis Específicas 17

1.6 Variables e indicadores 18

 1.6.1 Variable independiente 18

 1.6.2 Variable dependiente 18

1.7 Operacionalización de Variables 18



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	25
2.1.3	Antecedentes regionales.....	31
2.2	Bases teóricas.....	38
2.2.1	Concreto de diseño convencional.....	38
2.2.1.1	Propiedades Mecánicas.....	39
2.2.1.2	Aplicaciones y Usos.....	40
2.2.1.3	Limitaciones Técnicas.....	41
2.2.1.4	Perspectiva Sostenible.....	41
2.2.1.5	Importancia Regional en Latinoamérica.....	41
2.2.2	Materiales para la elaboración de concreto.....	41
2.2.2.1	Cemento.....	41
2.2.2.2	Agua.....	42
2.2.2.3	Agregados.....	43
2.2.2.4	Aditivos.....	43
2.2.2.5	Diseño de Mezclas.....	44
2.2.3	Refuerzo Externo.....	44
2.2.3.1	Características Fundamentales del Refuerzo Externo.....	44
2.2.3.2	Tipos de Refuerzo Externo.....	45
2.2.3.3	Aplicaciones en Latinoamérica.....	45
2.2.3.4	Uso de Fibras de Carbono en Refuerzo Externo.....	46
2.2.3.5	Limitaciones y Desafíos.....	46
2.2.4	Fibra de Carbono.....	47
2.2.4.1	Características de la Fibra de Carbono.....	47
2.2.4.2	Aplicación en Vigas.....	48
2.2.5	Análisis Costo-Beneficio.....	49
2.2.5.1	Indicadores Clave en el ACB.....	49
2.2.5.2	Retorno de Inversión en Durabilidad:.....	50
2.2.5.3	Aplicaciones del ACB en Latinoamérica.....	50



2.2.5.4	Desafíos en la Implementación del ACB	51
2.3	Marco conceptual.....	51
2.3.1	Análisis Costo-Beneficio.	51
2.3.2	Concreto Convencional.	52
2.3.3	Fibra de Carbono.....	52
2.3.4	Refuerzo Estructural.	52
2.3.5	Resistencia a la Flexión.....	52

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la Investigación	53
3.2	Método de la Investigación.....	53
3.3	Nivel y tipo de la investigación	54
3.3.1	Nivel de la Investigación	54
3.3.2	Tipo de la investigación	54
3.4	Población y Muestra.....	54
3.4.1	Población.....	54
3.4.2	Muestra	55
3.5	Técnicas e instrumentos de investigación.	55
3.5.1	Técnicas de recolección de datos.....	55
3.5.2	Instrumentos de recolección de datos investigación	57
3.6	Proceso de obtención de datos.	58
3.6.1	Desarrollo de plan de investigación	58
3.7	Procesamiento de datos.....	64

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1	Resultados.	65
4.1.1	Resultados sobre la resistencia a la flexión de un concreto de diseño 210 kg/cm ² mediante ensayos experimentales en vigas estructurales.....	72



4.1.2	Resultados sobre el comportamiento estructural de vigas de concreto reforzadas con fibra de carbono.	77
4.1.3	Resultados sobre la relación costo-beneficio del uso de fibra de carbono como refuerzo en vigas de concreto.	88
4.2	Discusión de resultados.	92
	CONCLUSIONES	95
	RECOMENDACIONES	96
	REFERENCIAS	97
	ANEXOS.....	100



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tabla operación de variables..... 19

Tabla 2 Zarandeo del agregado grueso..... 65

Tabla 3 Zarandeo del agregado grueso..... 66

Tabla 4 % Humedad..... 67

Tabla 5 Peso específico y absorción de la muestra..... 68

Tabla 6 P.U.S. (Agreg. Fino) 69

Tabla 7 P.U.S. (Agreg. Grueso)..... 69

Tabla 8 P.U.C. (Agreg. Fino) 70

Tabla 9 P.U.C. (Agreg. Grueso)..... 70

Tabla 10 Cualidades físicos de agregados..... 71

Tabla 11 Porciones según diseño de mezclas..... 71

Tabla 12 Porcentajes de aplicación de fibra de carbono a emplearse..... 72

Tabla 13 Resistencia a flexión de la viga estándar curado en 7 días..... 73

Tabla 14 Resistencia a flexión de la viga estándar curado en 14 días..... 74

Tabla 15 Resistencia a flexión de la viga estándar curado en 28 días..... 75

Tabla 16 Resultados Experimentales..... 76

Tabla 17 Análisis de Patrones de Falla..... 77

Tabla 18 Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 50%, durante 7 días.... 77

Tabla 19 Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 50%, durante 14 días.. 78

Tabla 20 Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 50%, durante 28 días.. 79

Tabla 21 Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 75%, durante 7 días.... 80

Tabla 22 Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 75%, durante 14 días.. 81

Tabla 23 Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 75%, durante 28 días.. 82

Tabla 24 Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 100%, durante 7 días.. 83

Tabla 25 Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 100%, durante 14 días. 84

Tabla 26 Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 100%, durante 28 días. 85



Tabla 27 Resultados Experimentales.	86
Tabla 28 Patrones de Falla Observados.....	88
Tabla 29 Costos de Materiales y Mano de Obra.	89
Tabla 30 Relación Costo-Beneficio.....	90
Tabla 31 Comparación con Métodos Convencionales.	91



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Preparación del concreto. 59

Figura 2 Moldeo y compactación de las vigas. 60

Figura 3 Aplicación del refuerzo, fibra de carbono. 62

Figura 4 Resistencia a la flexión de la Viga. 63

Figura 5 C -I agregado grueso. 66

Figura 6 C - agregado fino. 67

Figura 7 % de humedad. 68

Figura 8 Esfuerzo alcanzada de la viga estándar curado en 7 días. 73

Figura 9 Esfuerzo alcanzada de la viga estándar curado en 14 días. 74

Figura 10 Esfuerzo alcanzada de la viga estándar curado en 28 días. 75

Figura 11 Resultados de las resistencias alcanzadas en edades diferentes. 76

Figura 12 Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 50%, curado en 7 días. 78

Figura 13 Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 50%, curado en 14 días. ... 79

Figura 14 Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 50%, curado en 28 días. ... 80

Figura 15 Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 75%, curado en 7 días. 81

Figura 16 Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 75%, curado en 14 días. ... 82

Figura 17 Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 75%, curado en 28 días. ... 83

Figura 18 Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 100%, curado en 7 días. ... 84

Figura 19 Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 100%, curado en 14 días. 85

Figura 20 Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 100%, curado en 28 días. 86

Figura 21 Comparativa de resistencias alcanzadas de vigas con refuerzo de con fibra de carbono. 87

Figura 22 Costo total. 89

Figura 23 Costo por punto de incremento. 90

Figura 24 Comparativa de métodos de refuerzo. 91



RESUMEN

La tesis titulada "Evaluación de la resistencia a la flexión de un concreto de diseño convencional con aplicación de fibra de carbono como reforzamiento de vigas en la provincia de San Román 2024" el objetivo principal fue evaluar el impacto de la fibra de carbono como refuerzo en vigas de concreto, con un diseño experimental y enfoque cuantitativo, se evaluaron porcentajes de cobertura de fibra de carbono (50%, 75% y 100%) en comparación con vigas sin refuerzo, analizando su resistencia a la flexión, comportamiento estructural y relación costo-beneficio. Se analizaron 60 vigas, divididas en cuatro grupos, evaluadas a los 7, 14 y 28 días. Las vigas sin refuerzo mostraron incrementos de resistencia de 28.62 kg/cm² durante 7 días a 43.69 kg/cm² a los 28 días. Las reforzadas con fibra de carbono lograron incrementos superiores: 58.57 kg/cm² con 50% de cobertura, 66.26 kg/cm² con 75% y 72.94 kg/cm² con 100%, todas a los 28 días. El análisis costo-beneficio determinó que la opción más eficiente es el refuerzo con 75% de cobertura, con un costo de S/ 4.36 por punto de incremento en resistencia, superando al refuerzo al 100%, que, aunque es más resistente, tiene un costo por punto de S/ 4.48. Con desenlace, la fibra de carbono mejora significativamente la resistencia y el comportamiento estructural de las vigas, siendo el refuerzo al 75% la alternativa más equilibrada y económica.

Palabras clave: Fibra de carbono, resistencia a la flexión, comportamiento estructural, costo-beneficio, refuerzo de vigas de concreto.



ABSTRACT

The thesis entitled "Evaluation of the flexural strength of a conventional design concrete with application of carbon fiber as reinforcement of beams in the province of San Román 2024" the main objective was to evaluate the impact of carbon fiber as reinforcement in concrete beams, with an experimental design and quantitative approach, percentages of carbon fiber coverage (50%, 75% and 100%) were evaluated compared to unreinforced beams, analyzing their flexural strength, structural behavior and cost-benefit ratio. 60 beams were analyzed, divided into four groups, evaluated at 7, 14 and 28 days. The unreinforced beams showed strength increases from 28.62 kg / cm² for 7 days to 43.69 kg / cm² at 28 days. Those reinforced with carbon fiber achieved higher increases: 58.57 kg/cm² with 50% coverage, 66.26 kg/cm² with 75% and 72.94 kg/cm² with 100%, all at 28 days. The cost-benefit analysis determined that the most efficient option is the reinforcement with 75% coverage, with a cost of S/ 4.36 per point of increase in resistance, surpassing the 100% reinforcement, which, although it is more resistant, has a cost per point of S/ 4.48. As a result, carbon fiber significantly improves the resistance and structural behavior of the beams, with the 75% reinforcement being the most balanced and economical alternative.

Keywords: Carbon fiber, flexural strength, structural behavior, cost-benefit, concrete beam reinforcement.



INTRODUCCIÓN

El concreto ha sido, desde sus inicios, uno de los materiales más importantes y utilizados en la construcción debido a sus propiedades de resistencia a la compresión, versatilidad y durabilidad. Sin embargo, presenta limitaciones evidentes cuando es sometido a esfuerzos de tracción y flexión, lo que genera desafíos importantes en el diseño y construcción de elementos estructurales como las vigas. En la búsqueda de soluciones para mejorar el desempeño de este material, han surgido tecnologías innovadoras, entre las cuales destaca la incorporación de refuerzos con fibras, siendo la fibra de carbono una de las alternativas más prometedoras.

La fibra de carbono se caracteriza por su alta resistencia, ligereza y excelente comportamiento frente a factores ambientales adversos. Estas propiedades la han convertido en una opción viable para reforzar elementos de concreto, especialmente en estructuras que requieren un alto desempeño mecánico y durabilidad a largo plazo. Su aplicación permite aumentar la resistencia a la flexión, reducir el riesgo de fisuración y prolongar la vida útil de las estructuras, lo que representa un avance significativo frente a los métodos de reforzamiento convencionales.

En la provincia de San Román, el sector construcción enfrenta diversos retos relacionados con las condiciones climáticas, la calidad de los materiales y la necesidad de estructuras más duraderas y seguras. Este panorama plantea la importancia de explorar nuevas técnicas constructivas que permitan optimizar los recursos disponibles y mejorar las propiedades mecánicas del concreto utilizado en la región. Por ello, el presente estudio se enfoca en evaluar el efecto del uso de fibra de carbono como refuerzo en vigas de concreto convencional, con el objetivo de analizar su resistencia a la flexión y su potencial para resolver problemáticas locales en el ámbito constructivo.

Este trabajo tiene como objetivo principal determinar cómo la incorporación de fibra de carbono puede mejorar las propiedades del concreto convencional,



específicamente su resistencia a la flexión, y explorar su viabilidad en un contexto local. Los resultados de este análisis servirán como una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas, contribuyendo al desarrollo de infraestructuras más eficientes y sostenibles en la provincia de San Román.

De esta manera, la investigación busca no solo aportar datos técnicos relevantes, sino también generar un impacto positivo en el sector de la construcción local, promoviendo la adopción de tecnologías modernas y eficaces. Esta introducción sienta las bases para entender la importancia y los alcances de este estudio, enmarcándolo dentro de un contexto de innovación tecnológica y mejora continua en la ingeniería civil.

Capítulo I: En esta sección se detallan los fundamentos, objetivos e hipótesis del estudio, así como sus variables, dimensiones e indicadores, y se discuten los obstáculos que llevaron a su implementación.

Capítulo II: Esta sección contiene el material de base del estudio, otros resultados comparativos, las principales teorías que ayudan a la comprensión del área temática y explicaciones del lenguaje utilizado.

Capítulo III: En esta sección se detalla la metodología que se utilizó para realizar el estudio, incluidos los pasos que se siguieron para obtener y evaluar los datos.

Capítulo IV: En esta sección se resumen los valores obtenidos del análisis de la información anterior y se discuten las conclusiones. También se incluyen en esta sección tablas y figuras que muestran los resultados.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.

La provincia de San Román, el concreto convencional sigue siendo el material predominante en la construcción debido a su accesibilidad y resistencia a la compresión. Sin embargo, este material presenta limitaciones significativas frente a esfuerzos de tracción y flexión, lo que representa un desafío crítico en el diseño y mantenimiento de elementos estructurales como vigas. Estas debilidades se agravan en contextos locales donde factores como las bajas temperaturas, las intensas lluvias y la calidad variable de los materiales afectan el desempeño de las estructuras, incrementando el riesgo de fisuración, deterioro prematuro y costos de mantenimiento. Este panorama resalta la necesidad de explorar soluciones que mejoren las propiedades mecánicas del concreto para garantizar la seguridad y la durabilidad de las edificaciones.

En este contexto, el uso de fibra de carbono como material de refuerzo para el concreto se plantea como una alternativa prometedora, dado su alto desempeño en resistencia y durabilidad. Si bien estudios realizados en otros entornos han demostrado su efectividad en elevar la resistencia a flexión y reducir la fisuración, en San Román aún no se cuenta con investigaciones específicas que evalúen su comportamiento bajo las

condiciones locales. Esta carencia limita la adopción de tecnologías avanzadas en el sector constructivo de la región. Por ello, esta investigación busca aportar evidencia técnica y experimental sobre la ventaja del uso de fibra de carbono en vigas de concreto convencional, ofreciendo una posible solución para mejorar la calidad y sostenibilidad de las infraestructuras en el ámbito local.

1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 Problema General.

¿De qué manera el refuerzo con fibra de carbono aplicado en diferentes porcentajes de cobertura afecta la resistencia a la flexión de vigas de concreto de diseño convencional, en la Provincia de San Román?

1.2.2 Problemas Específicos.

1. ¿Cuál es la resistencia a la flexión de las vigas de concreto de diseño convencional de 210 kg/cm^2 sin refuerzo, evaluadas a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días)?
2. ¿Cómo varía la resistencia a la flexión de las vigas de concreto reforzadas con fibra de carbono en porcentajes de cobertura del 50%, 75% y 100%, en comparación con las vigas sin refuerzo?
3. ¿Cuál es la relación costo-beneficio del uso de fibra de carbono como refuerzo en vigas de concreto, considerando el incremento en resistencia y los costos asociados, en comparación con métodos convencionales de reforzamiento?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 Objetivo General

Evaluar el impacto del refuerzo con fibra de carbono aplicado en diferentes porcentajes de cobertura sobre la resistencia a la flexión, el comportamiento estructural y la relación



costo-beneficio de vigas de concreto de diseño convencional, en la Provincia de San Román.

1.3.2 Objetivos Específicos.

1. Determinar la resistencia a la flexión de vigas de concreto de diseño convencional de 210 kg/cm² sin refuerzo, evaluadas a las edades de 7, 14 y 28 días.
2. Analizar la variación en la resistencia a la flexión de vigas reforzadas con fibra de carbono, considerando porcentajes de cobertura del 50%, 75% y 100%, y compararlas con vigas sin refuerzo.
3. Evaluar la relación costo-beneficio del uso de fibra de carbono como refuerzo en vigas de concreto, en comparación con métodos convencionales de reforzamiento, considerando el incremento en resistencia y los costos asociados.

1.4 Justificación de la investigación.

1.4.1 Justificación técnica.

Tiene limitaciones notables cuando se somete a esfuerzos de flexión, lo que puede comprometer la estabilidad de elementos estructurales como vigas. La incorporación de fibra de carbono como material de refuerzo representa una solución tecnológica viable, ya que aporta una alta resistencia, ligereza y durabilidad. Este estudio es especialmente relevante porque busca analizar experimentalmente el comportamiento de este material en condiciones locales de la provincia de San Román. Al generar datos técnicos específicos, se podrá establecer su efectividad y desarrollar lineamientos que faciliten su implementación en futuros proyectos de construcción en la región.

1.4.2 Justificación social.

En San Román, la seguridad y la durabilidad de las estructuras son aspectos críticos para el bienestar de las comunidades, especialmente en edificaciones que soportan actividades esenciales como viviendas, escuelas y puentes. Este trabajo



contribuye directamente a la mejora de la calidad de vida, al proponer tecnologías que refuercen las infraestructuras locales y reduzcan riesgos asociados a fallas estructurales. Además, fomentar el uso de tecnologías avanzadas como la fibra de carbono puede generar un impacto positivo en la capacitación de profesionales de la construcción, creando una base de conocimiento que beneficie tanto a la población como al sector laboral de la región.

1.4.3 Justificación económica.

El mantenimiento y la reparación de estructuras deterioradas representan gastos significativos, tanto para los propietarios privados como para las instituciones públicas. Este estudio plantea una solución que podría reducir estos costos, al aumentar la vida útil de las estructuras mediante el uso de fibra de carbono como refuerzo. Además, al mejorar las cualidades mecánicas del concreto, se reduce la frecuencia de intervenciones necesarias, optimizando el uso de recursos económicos y materiales. A largo plazo, la adopción de esta tecnología podría impulsar la competitividad del sector de la construcción local, al ofrecer soluciones más eficientes y sostenibles.

1.5 Hipótesis de la Investigación.

1.5.1 Hipótesis General.

El refuerzo con fibra de carbono aplicado en diferentes porcentajes de cobertura incrementa significativamente la resistencia a la flexión de vigas de concreto de diseño convencional, en la Provincia de San Román.

1.5.2 Hipótesis Específicas.

1. Las vigas de concreto de diseño convencional de 210 kg/cm^2 sin refuerzo presentan valores de resistencia a la flexión se incrementarán con la edad de curado, alcanzando su máximo desempeño a los 28 días.



2. Las vigas reforzadas con fibra de carbono, con porcentajes de cobertura de 50%, 75% y 100%, tendrán un incremento significativo en la resistencia a la flexión en comparación con las vigas sin refuerzo, especialmente a los 28 días.
3. El uso de fibra de carbono como refuerzo en vigas de concreto es técnica y económicamente viable.

1.6 Variables e indicadores.

1.6.1 Variable independiente.

Fibra de Carbono.

Indicadores:

- Cobertura aplicada
- 0%, 50%, 75% y 100%.

1.6.2 Variable dependiente

Resistencia a la flexión, patrones de falla, costo-beneficio.

Indicadores:

- Carga Soportada.
- Distribución de fisuras y tipo de ruptura.
- Incremento porcentual en resistencia y costo total (S/).

1.7 Operacionalización de Variables.



Tabla 1

Tabla operación de variables.

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Aplicación de Fibra de Carbono	El porcentaje de cobertura de fibra de carbono aplicado en lado inferior de las vigas de concreto para reforzar su resistencia a la flexión.	Cobertura aplicada.	0%, 50%, 75%, 100%	Observación directa y medición con cinta métrica

Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Resistencia en flexión, patrones de falla, costo-beneficio.	La resistencia a la flexión es la capacidad de un material para resistir deformaciones bajo carga. Los patrones de falla incluyen fracturas frágiles, dúctiles o por fatiga. El análisis costo-beneficio evalúa la relación entre los costos y los beneficios en rendimiento y durabilidad.	Capacidad estructural Fisuración Relación costo-beneficio	Valor máximo de carga soportada (kg/cm ²) Distribución de fisuras y tipo de ruptura	Equipo de laboratorio, Observación, análisis económicos.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 *Antecedentes internacionales.*

Según Contreras, (2017) su estudio “Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado”. En ocasiones, las construcciones requieren de refuerzos adicionales en los miembros estructurales debido a diversas problemáticas que comprometen su desempeño y seguridad. Entre las principales causas se encuentran diseños estructurales deficientes que no cumplen con las normativas actuales, la corrosión del acero de refuerzo por exposición prolongada a ambientes agresivos, cambios en el uso de una edificación —como transformar una vivienda en oficinas o locales comerciales—, incrementos en las cargas de diseño debido a modificaciones funcionales o ampliaciones, y el deterioro generado por efectos ambientales como ciclos de humedad, temperatura extrema, y agentes químicos. Estas circunstancias generan la necesidad imperante de incrementar la resistencia, rigidez y durabilidad de la estructura mediante técnicas de reforzamiento específicas que mitiguen el riesgo de fallas estructurales. En la década de los noventas, la industria de la construcción experimentó un importante



avance con la introducción destaca por ser aproximadamente 10 veces más resistente a la tensión que el acero convencional ($35,500 \text{ kg/cm}^2$ frente a $4,200 \text{ kg/cm}^2$) y considerablemente más liviana, lo que facilita su manipulación e instalación sin añadir un peso significativo a la estructura existente. Estas propiedades, junto con su excelente resistencia a la corrosión y su comportamiento favorable frente a condiciones extremas, lo convierten en una alternativa altamente eficiente y sostenible de este tipo de refuerzo en términos de resistencia, rigidez y desempeño estructural general, comparándolo con métodos tradicionales. Para ello, se plantearán diferentes escenarios experimentales y analíticos, variando dos factores críticos: y estableciendo criterios técnicos que faciliten su implementación en futuras obras de reforzamiento. El alcance de este estudio también incluye la evaluación del impacto económico y constructivo de las fibras de carbono frente a alternativas convencionales, considerando aspectos como tiempo de instalación, costos asociados y la reducción de posibles intervenciones futuras gracias a su durabilidad superior. Con estos resultados, se pretende aportar al conocimiento técnico del uso de fibras de carbono en reforzamiento estructural, abriendo nuevas oportunidades para su aplicación en el sector de la construcción y promoviendo soluciones más seguras y eficientes en proyectos de rehabilitación y mejoramiento estructural.

Según Hidalgo (2021) su artículo "Influencia de las condiciones de ejecución en la resistencia de anclajes de fibra de carbono para refuerzos en estructuras de hormigón". Este artículo aborda el estudio del reforzamiento a flexión de vigas de concreto armado mediante el uso de polímero reforzado con fibras de carbono (CFRP), destacando su efectividad como una solución innovadora frente a las demandas estructurales contemporáneas. El objetivo principal es comparar los resultados obtenidos de un diseño teórico de reforzamiento con los datos experimentales registrados en vigas reforzadas con CFRP sometidas a ensayos bajo carga puntual. Además, se busca establecer la influencia específica de este material sobre la capacidad a flexión de las vigas, evaluando



tanto los beneficios como las discrepancias observadas entre el comportamiento teórico y práctico. El estudio incluye una descripción detallada del proceso de elaboración de los especímenes, los cuales consisten en de CFRP, manteniendo la misma cantidad de acero de refuerzo en ambos casos. El procedimiento experimental involucra la aplicación de cargas puntuales a cada viga, registrando su desempeño estructural y los cambios en su capacidad a flexión. Se presta especial atención a la cantidad de refuerzo CFRP aplicado, especificando su disposición, dimensiones y técnicas de instalación, con el fin de garantizar uniformidad y reproducibilidad en los ensayos. Para contextualizar el análisis, se parte de una viga derivada de un modelo estructural diseñado para una edificación tipo, sometida a diversas sobrecargas que generan incrementos significativos en el momento flector. Este enfoque permite evaluar la necesidad y efectividad del refuerzo CFRP como respuesta a condiciones de carga que exceden los límites de diseño originales, simulando escenarios reales donde las estructuras deben ser adaptadas para cumplir con nuevos requisitos de seguridad y funcionalidad. El artículo también detalla los resultados obtenidos durante los ensayos experimentales, comparándolos con las predicciones del diseño teórico. Se analizan las diferencias observadas en términos de capacidad máxima a flexión, ductilidad y deformación de las vigas, identificando factores que contribuyen a la brecha entre los valores teóricos y los prácticos. No obstante, también se constata la necesidad de incluir un factor de corrección en los cálculos teóricos para reflejar con mayor precisión las condiciones reales del material y del sistema reforzado. Finalmente, el artículo discute las implicaciones prácticas de los resultados obtenidos, subrayando la importancia de considerar variables como la adherencia entre el CFRP y el concreto, el método de instalación, y los efectos de las cargas dinámicas o repetitivas sobre el desempeño del refuerzo. Estas consideraciones son clave para garantizar la fiabilidad y sostenibilidad del CFRP como alternativa de reforzamiento estructural en aplicaciones futuras.



Según Kadhim & Sultan, (2023) su estudio "Interacción de estribos – fibra de acero – fibra de carbono en la resistencia de fuerzas de corte en vigas RC de alta Resistencia" Esta investigación se centra en analizar el desempeño estructural de vigas de concreto reforzado de alta resistencia bajo fuerzas de corte, utilizando materiales innovadores como fibra de carbono (CF) y fibra de acero (SF) en combinación con estribos tradicionales (ST) como refuerzo de corte. El estudio se orienta a evaluar las capacidades mecánicas de estos materiales en diferentes configuraciones, con el propósito de identificar sus efectos individuales y combinados sobre la capacidad de carga, el modo de falla y la deformación de las vigas sometidas a ensayos experimentales. El refuerzo de corte se implementó en dos formas principales. La primera consistió en el uso de fibras de acero (SF) con dos fracciones volumétricas específicas: $V_f = 0,5\%$ y $V_f = 1,0\%$, seleccionadas por su capacidad para mejorar la resistencia a las fuerzas cortantes mediante la distribución de esfuerzos en el concreto. La segunda forma involucró estribos convencionales (ST) en dos configuraciones geométricas: $\Phi 8\text{mm}@300\text{mm}$ y $\Phi 8\text{mm}@200\text{mm}$, que, según los resultados experimentales, demostraron proporcionar efectos de corte equivalentes a los alcanzados con SF al 0,5% y 1,0% de contenido de fibra, respectivamente. De manera adicional, en todas las configuraciones se incorporó externamente un refuerzo de fibra de carbono (CF) dispuesto en un ángulo de 45° , cuya orientación estratégica fue diseñada para contrarrestar directamente los esfuerzos cortantes, maximizando su eficacia estructural. Para establecer una base comparativa, se incluyó una viga de referencia que no contaba con ningún tipo de refuerzo de corte. En total, se ensayaron nueve vigas, evaluando su desempeño mediante una prueba de flexión en cuatro puntos, la cual permitió analizar con precisión las respuestas estructurales de las vigas ante cargas aplicadas progresivamente. Los resultados obtenidos fueron analizados y discutidos en términos de tres parámetros clave: capacidad de carga máxima, modo de falla y deflexión bajo carga. Las observaciones experimentales mostraron que la fibra de carbono (CF) tuvo un impacto significativo al proporcionar resistencia adicional frente a las fuerzas



cortantes, independientemente del tipo de refuerzo principal (ST o SF) utilizado. No obstante, se destacó que la contribución del CF fue especialmente notable en las vigas reforzadas con SF, donde se observó un incremento en la resistencia a corte que superó el doble en comparación con las vigas reforzadas únicamente con ST. Esto sugiere que el CF actúa de manera sinérgica con las fibras de acero, distribuyendo los esfuerzos de corte de manera más efectiva y mejorando la rigidez global de las vigas. Además, el análisis del modo de falla evidenció que las vigas reforzadas con CF presentaron patrones de falla más controlados y menos frágiles en comparación con las vigas de referencia y las que utilizaban únicamente ST. Este comportamiento demuestra el potencial del CF no solo para incrementar la capacidad de carga, sino también para mejorar la ductilidad y la capacidad de disipación de energía de las vigas, aspectos críticos para estructuras sujetas a cargas dinámicas o impactos. En términos de deflexión, se observó que las vigas con refuerzo combinado de CF y SF exhibieron menores deformaciones bajo cargas cercanas a la capacidad máxima, lo que confirma una mayor rigidez estructural en comparación con las vigas reforzadas solo con ST. Este hallazgo respalda la hipótesis de que las fibras de acero, en combinación con CF, pueden desempeñar un papel crucial en la mejora del comportamiento a corte de vigas de alta resistencia, ofreciendo una solución eficiente y económica frente a los métodos tradicionales. En conclusión, este estudio demuestra que el uso de fibra de carbono como refuerzo adicional en vigas de concreto armado de alta resistencia puede marcar una diferencia significativa en términos de resistencia y comportamiento estructural bajo fuerzas de corte. Su contribución es particularmente destacable cuando se combina con fibras de acero, ofreciendo mejoras sustanciales en la capacidad de carga, control de falla y rigidez de las vigas, lo que abre nuevas oportunidades para el diseño y la rehabilitación de estructuras en el ámbito de la ingeniería civil.

Según Fernández, (2018) su estudio "Refuerzos de fibra de carbono para rehabilitación de vigas de madera: modelos analíticos, ensayos experimentales y puesta



en obra". La madera es uno de los materiales más sostenibles y ecológicos en la construcción, destacándose por su resistencia a la compresión y tracción en relación con su baja densidad. Sin embargo, debido a su naturaleza orgánica y su exposición a factores como el envejecimiento, la humedad y el ataque biológico, a menudo es necesario reforzarla o repararla. Tradicionalmente, esto se hacía utilizando componentes metálicos como el acero, lo que presentaba desventajas significativas, como su alta densidad y susceptibilidad a la corrosión. Se realizaron pruebas de adhesión entre madera y CFRP para seleccionar las resinas más adecuadas y caracterizar la calidad del refuerzo mediante técnicas de emisión acústica. Este diseño demostró un notable incremento en la capacidad de carga y ductilidad, restaurando completamente la capacidad portante de vigas previamente fracturadas. Como parte de la transferencia de los resultados al ámbito práctico, se realizó una demostración "in situ" en la cubierta de un edificio histórico en Granada, validando los métodos desarrollados y evaluando tiempos y costes. Esta investigación no solo establece pautas y modelos analíticos para el uso de CFRP en restauración de madera, sino que también proporciona soluciones sostenibles y eficientes para la rehabilitación de estructuras históricas, preservando su valor patrimonial y mejorando su desempeño estructural.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

Según Gago, (2017) tesis "Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado". El reforzamiento de estructuras o elementos de concreto armado se realiza cuando estos presentan deficiencias en alguna de sus propiedades estructurales para responder adecuadamente a nuevas demandas surgidas su vida útil. Estas nuevas presentaciones pueden deberse a diversos factores, como el aumento en las cargas de servicio debido a cambios en las condiciones operativas, problemas de durabilidad derivados del uso de materiales de baja calidad o inapropiados, condiciones ambientales que no fueron contempladas en los estudios y diseños iniciales, o el cambio de uso de la estructura que



genera incrementos en las cargas que debe soportar. Asimismo, la necesidad de extender la vida útil de una estructura más allá de su periodo de servicio previsto obliga a implementar técnicas de reforzamiento para garantizar su funcionalidad y seguridad. En las últimas décadas, el desarrollo de nuevas metodologías y materiales para el refuerzo de elementos estructurales de concreto armado ha abierto un abanico de soluciones innovadoras. Estas alternativas permiten no solo reforzar elementos metidos a mayores cargas tras haber logrado su periodo de servicio, sino también evaluar su costo-beneficio en comparación con métodos tradicionales. Entre las opciones más destacadas, el uso de materiales compuestos, como los polímeros reforzados con fibra de carbono (CFRP), ha ganado popularidad debido a sus múltiples ventajas. La fibra de carbono no solo aumenta significativamente la resistencia de los elementos reforzados, sino que también mejora su capacidad para mitigar fallas asociadas a esfuerzos de flexión y corte, lo que se traduce en mayor seguridad y durabilidad de la estructura. Además, su ligereza y facilidad de instalación lo convierten en una opción atractiva tanto técnica como económicamente. El objetivo principal de esta investigación es investigar las propiedades elásticas e inelásticas de las vigas de hormigón reforzado con fibra de carbono dobladas. Con ese objetivo en mente, compararemos y contrastaremos las vigas reforzadas con CFRP y acero ordinario, teniendo en cuenta los distintos niveles de refuerzo en cada caso. Para evaluar en profundidad el papel del CFRP en comparación con el refuerzo convencional, se utilizarán diagramas de momento-curvatura para estudiar el comportamiento de las vigas bajo tensión, la ductilidad y la capacidad de carga. Además, para averiguar qué funciona y qué no cuando se trata de refuerzo con fibra de carbono, compararemos diferentes métodos y analizaremos aspectos como el coste, la durabilidad y cómo afecta a las cualidades mecánicas de las vigas. El estudio concluirá con una presentación de los hallazgos y recomendaciones clave, incluidas consideraciones prácticas para el uso de CFRP para reforzar elementos estructurales. Esto ayudará a promover soluciones de ingeniería civil que sean más seguras, más eficientes y sostenibles.



Según Fernández, (2018) su tesis "Análisis de la resistencia y ductilidad de vigas de concreto armado con reforzamiento de fibras de carbono". La presente investigación analiza el comportamiento a flexión de vigas de concreto armado reforzadas externamente con fibras de carbono (CFRP) mediante el uso de diagramas momento-curvatura, una herramienta clave para comprender las respuestas elásticas e inelásticas de las estructuras bajo carga. El objetivo principal es evaluar la resistencia y ductilidad de las vigas reforzadas, determinando el impacto del CFRP en la mejora de su capacidad estructural. Para ello, se tomaron en cuenta las propiedades específicas del CFRP, junto con referencias de investigaciones previas y aportes de autores de renombre que han estudiado ampliamente los tipos de falla asociados al uso de estos materiales. Además, se utilizaron como base de diseño las especificaciones de la Normativa Peruana E.030 y el ACI 318 para garantizar la correcta caracterización de los materiales principales, como el concreto y el acero. El estudio incluyó una evaluación exhaustiva del, considerando diferentes cuantías de acero y niveles de refuerzo con CFRP. Este enfoque permitió no solo identificar cómo la fibra de carbono influye en el desempeño estructural, sino también cuantificar el aporte relativo de cada material en función de la capacidad de carga, ductilidad y. Una parte fundamental del análisis fue la comparación de los resultados obtenidos con los modelos normativos y las observaciones experimentales, destacando la manera en que las fibras de carbono pueden complementar o sustituir el refuerzo de acero en ciertas aplicaciones. Se puso especial énfasis en los mecanismos de falla más comunes, como la delaminación y el deslizamiento, para entender mejor las limitaciones y ventajas de este sistema de reforzamiento. Los resultados de la investigación revelan una relación inversamente proporcional entre el refuerzo con fibras de carbono (CFRP) y la cuantía de acero, evidenciando que un aumento en el uso de CFRP puede compensar reducciones en la cantidad de refuerzo de acero, sin comprometer la capacidad estructural de la viga. Esta relación plantea la posibilidad de optimizar los diseños estructurales mediante una combinación adecuada de ambos materiales, orientada a maximizar la eficiencia en la disipación de energía de



deformación, especialmente en estructuras sometidas a cargas dinámicas como las generadas por eventos sísmicos. En este contexto, el sistema propuesto no solo mejora la ductilidad de las vigas reforzadas, sino que también ofrece un enfoque más favorable para el diseño sismo-resistente, promoviendo el uso de soluciones innovadoras y sostenibles en el ámbito de la ingeniería estructural.

Según Guevara, (2018) su tesis "Variación de la resistencia a la flexión de vigas de concreto armado al ser reforzadas con láminas de fibras de carbono (CFRP)". La presente investigación tuvo como objetivo principal determinar la variación en la resistencia a la flexión de vigas de concreto armado al ser reforzadas externamente con láminas de fibra de carbono. Este trabajo surge de la necesidad de explorar soluciones eficientes y económicas para estructural de elementos de concreto armado, especialmente en situaciones donde las cargas aumentan o las estructuras enfrentan nuevas exigencias durante su vida útil. La fibra de carbono, conocida por sus excepcionales propiedades de resistencia y ligereza, se utilizó como refuerzo en esta investigación para evaluar su impacto en la capacidad estructural de vigas sometidas a flexión. Para llevar a cabo el estudio, se elaboraron un total de 20 vigas de concreto armado a escala, divididas en dos grupos según la calidad del concreto. Diez vigas fueron diseñadas con una resistencia característica a compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ (definidas como vigas tipo I) y las otras diez con $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$ (vigas tipo II). De cada grupo, el 50% de las vigas fue reforzado con láminas de fibra de carbono Sika® CarboDur® S512, aplicadas externamente siguiendo las recomendaciones del fabricante para garantizar una adecuada adhesión y desempeño estructural. Todas las vigas, tanto reforzadas como no reforzadas, fueron sometidas a ensayos de flexión en condiciones de apoyo simple, aplicándoles una carga puntual al centro de su luz efectiva. Este procedimiento permitió medir con precisión su capacidad de carga y evaluar el efecto del refuerzo en su resistencia a la flexión. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las vigas patrones (sin refuerzo) y las reforzadas con fibra de carbono. En el caso

de las vigas tipo I, la resistencia promedio sin refuerzo fue de 3,99 toneladas (Tn), mientras que las vigas reforzadas alcanzaron una resistencia promedio de 6,53 Tn, lo que equivale a un incremento del 63,6%. De manera similar, las vigas tipo II mostraron un aumento en flexión del 59,8%, pasando de una resistencia promedio de 4,36 Tn (vigas patrones) a 6,96 Tn (vigas reforzadas). Estos incrementos en la capacidad de carga también se tradujeron en mayores momentos flexores, alcanzando valores de 1,81 Tn-m y 1,93 Tn-m para las vigas tipo I y tipo II reforzadas, respectivamente, en comparación con los 1,11 Tn-m y 1,21 Tn-m de las vigas patrones. En conclusión, los resultados obtenidos demuestran que el uso de láminas de fibra de carbono como refuerzo externo incrementa significativamente la resistencia a la flexión de las vigas de concreto armado, independientemente de la calidad del concreto utilizado. Estos hallazgos confirman que la fibra de carbono es una solución efectiva para mejorar el desempeño estructural de elementos de concreto armado, particularmente en escenarios donde se requieren mayores capacidades de carga o se busca prolongar la vida útil de las estructuras. Además, esta investigación proporciona datos valiosos para el diseño de refuerzos estructurales, destacando el potencial de los materiales compuestos como una herramienta clave en la ingeniería moderna.

Según Ugarte & Gamarra, (2024) su tesis "Determinación de la técnica de refuerzo más económica para el diseño de vigas entre el refuerzo con láminas de fibra de carbono y el diseño de vigas doblemente reforzadas con acero". El presente estudio explora el reforzamiento de estructuras de concreto, con énfasis en la importancia de identificar técnicas de refuerzo que sean tanto efectivas en términos de desempeño estructural como económicamente viables. En este contexto, la investigación se centra en la comparación entre dos métodos principales de reforzamiento: el uso de láminas de fibra de carbono (CFRP) y el acero doblemente reforzado. La necesidad de esta investigación surge de la creciente demanda de soluciones que mejoren la durabilidad y resistencia de las estructuras de concreto, especialmente en proyectos donde los costos



y la eficiencia técnica son factores determinantes. Este análisis busca proporcionar herramientas para la toma de decisiones en la selección de materiales de refuerzo, considerando tanto los aspectos estructurales como los financieros. El objetivo principal de la investigación es determinar cuál de estas técnicas de refuerzo resulta más económica, especialmente en función de las dimensiones y requisitos específicos de las vigas de concreto. Para ello, se plantean objetivos específicos que incluyen el análisis de la relación entre la sección transversal y la longitud de las vigas, así como su influencia en la variación de costos de los métodos de refuerzo. Este enfoque permite no solo evaluar las diferencias económicas entre el acero doblemente reforzado y la fibra de carbono, sino también identificar las implicaciones técnicas y estructurales de cada método. La metodología empleada es de enfoque cuantitativo, descriptivo y comparativo, lo que facilita una evaluación objetiva y precisa de las variables clave. El análisis incluyó pruebas de resistencia a la flexión en vigas reforzadas con ambos materiales, generando datos sólidos que respaldan las conclusiones del estudio. Los resultados revelaron diferencias significativas en los costos asociados con los dos métodos de refuerzo analizados. En particular, el acero doblemente reforzado demostró ser la opción más económica para vigas de dimensiones más pequeñas, donde la sección transversal no requiere una capacidad adicional considerable. Esto hace que sea una elección eficiente y costeable en proyectos de menor escala. No obstante, para vigas de mayores dimensiones o aquellas sometidas a cargas más severas, sus propiedades técnicas, como una alta relación resistencia-peso, resistencia superior a la corrosión y mayor durabilidad, justifican su uso en aplicaciones donde estas características son esenciales. En conclusión, la elección entre acero doblemente reforzado y fibra de carbono debe basarse en las dimensiones específicas de las vigas y los requerimientos técnicos del proyecto. Este estudio proporciona una guía práctica para ingenieros y constructores, ayudándoles a seleccionar materiales de refuerzo adecuados para sus necesidades, optimizando así tanto el desempeño estructural como los costos a largo plazo.



2.1.3 Antecedentes regionales.

Según Condori, (2017) su tesis "Efectos de las Fibras de Acero Dramix en las Propiedades Mecánicas del Concreto Estructural en la Ciudad de Puno 2017". La incorporación de fibras de acero en el concreto ha demostrado ser una técnica eficaz para mejorar significativamente sus propiedades mecánicas. Estas fibras no solo aumentan la resistencia a la compresión, sino que también mejoran la capacidad de deformación del material y contribuyen a un mejor control en el desarrollo y propagación de fisuras. Estas características hacen que las fibras de acero sean una opción ideal para aplicaciones donde se busca incrementar la durabilidad y el desempeño estructural del concreto. En este contexto, el presente estudio se centró en analizar los efectos de las fibras de acero Dramix en las propiedades mecánicas del concreto estructural, con énfasis en su aplicación en la ciudad de Puno durante el año 2017. Metodológicamente, el estudio adoptó un enfoque cuantitativo, recurriendo a ensayos de laboratorio para recopilar datos precisos sobre el comportamiento del concreto reforzado. Por su propósito, se clasifica como una investigación básica o fundamental, orientada a evaluar la resistencia a la compresión del concreto mediante pruebas experimentales controladas. En términos de su naturaleza, el estudio es de tipo experimental, dado que implica la manipulación deliberada de las variables, como la dosificación de fibras de acero, para observar su impacto en las propiedades del concreto. Los ensayos de resistencia se llevaron a cabo a los 7, 14 y 28 días, proporcionando una visión clara de cómo las fibras de acero Dramix afectan el desarrollo de las propiedades mecánicas del material en diferentes etapas de curado. Los resultados obtenidos muestran que las mezclas diseñadas con concreto normal y la incorporación de fibras de acero Dramix generaron incrementos notables en la resistencia a la compresión. En particular, se identificó que la dosificación óptima de fibras Dramix 3D, que maximiza la resistencia a compresión en un concreto con $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, se encuentra entre el 2% y el 3% del. Este rango de dosificación demostró un impacto significativo en los ensayos de compresión realizados, evidenciando un aumento gradual de la resistencia con respecto



al concreto sin fibras. El análisis de las probetas a los 7, 14 y 28 días confirmó que los porcentajes de fibras mencionados no solo incrementan la resistencia a compresión, sino que también mejoran la calidad del material, haciéndolo más homogéneo y resistente frente a esfuerzos externos., ofreciendo una solución práctica y eficiente para mejorar el desempeño de las construcciones en Puno y otras regiones con condiciones similares.

Según Estrada y Yoplac (2019), Una investigación realizada en la Universidad Nacional de Ingeniería exploró el impacto del refuerzo externo de vigas de concreto armado utilizando fibra de carbono en un edificio multifamiliar ubicado en la ciudad de Lima. Este estudio surge de la creciente necesidad de desarrollar técnicas innovadoras y efectivas para mejorar la capacidad estructural de elementos sometidos a demandas cada vez mayores, ya sea por incrementos en las cargas de servicio, deterioro material o necesidad de prolongar la vida útil de las estructuras. El objetivo principal de la investigación fue evaluar cómo diferentes porcentajes de cobertura de fibra de carbono influían en la resistencia estructural de las vigas reforzadas, así como determinar la viabilidad técnica y económica de esta metodología de reforzamiento. El enfoque experimental incluyó la realización de ensayos en vigas reforzadas externamente con fibra de carbono, analizando el comportamiento de estos elementos bajo condiciones controladas de carga. Los resultados indicaron un incremento significativo en la capacidad de carga de las vigas reforzadas, con aumentos en la resistencia estructural que oscilaban entre el 50% y el 70%, dependiendo del porcentaje de cobertura aplicado. Se observó que las coberturas superiores al 75% ofrecían las mayores mejoras, debido a la eficiente transferencia de esfuerzos lograda a través del adhesivo epóxico empleado en la unión entre la fibra de carbono y el concreto. Este adhesivo no solo garantizó una adecuada adherencia, sino que también contribuyó a reducir la formación de fisuras y a distribuir las tensiones de manera más uniforme, optimizando el desempeño global de las vigas. La investigación, liderada por los investigadores Estrada y Yoplac, concluyó que el uso de fibra de carbono es una técnica altamente efectiva para incrementar la resistencia



de elementos estructurales de concreto armado, especialmente en estructuras sometidas a cargas dinámicas, como las generadas por sismos o vibraciones. Además, resaltaron que la calidad de los materiales empleados, tanto las fibras de carbono como los adhesivos, es crucial para maximizar los beneficios de esta técnica de reforzamiento. Aunque se reconoció que el costo inicial del refuerzo con fibra de carbono es relativamente alto, los beneficios a largo plazo, como la mayor durabilidad, la eficiencia estructural y la reducción de la necesidad de intervenciones futuras, justifican ampliamente su implementación. En proyectos que requieren niveles superiores de seguridad y capacidad de carga, esta técnica representa una solución sostenible y eficaz, aportando un valor significativo tanto desde el punto de vista técnico como económico.

Según Medina Deza (2020), En su tesis presentada en la Universidad Católica de Santa María, el investigador realizó un análisis exhaustivo del comportamiento estructural de vigas de concreto armado reforzadas con fibra de carbono y planchas de acero. Este estudio se desarrolló con el propósito de evaluar cómo diferentes técnicas de reforzamiento influyen en la resistencia, ductilidad y redistribución de esfuerzos en vigas sometidas a cargas intensas, considerando las demandas específicas de zonas sísmicas como la región de Arequipa. La investigación buscó ofrecer soluciones prácticas y eficientes que mejoren la capacidad estructural de elementos de concreto armado, priorizando la seguridad y funcionalidad de las estructuras expuestas a eventos sísmicos frecuentes y severos. Para alcanzar estos objetivos, se llevaron a cabo ensayos experimentales bajo condiciones estrictamente controladas que replicaron escenarios reales de carga. externamente con diferentes proporciones de cobertura de fibra de carbono y planchas de acero, analizando cómo estas configuraciones afectaban su desempeño estructural. Los resultados obtenidos fueron contundentes: el uso de fibra de carbono incrementó notablemente la ductilidad de las vigas, con valores que oscilaron entre el 90% y el 120%, dependiendo del porcentaje de cobertura aplicado. Este incremento permitió que las vigas absorbieran mayores niveles de energía antes de



alcanzar el colapso, lo que es fundamental para garantizar un comportamiento seguro y confiable en regiones de alta actividad sísmica. Además, se observó una redistribución eficiente de las fisuras en las vigas reforzadas, reduciendo significativamente el riesgo de fallas frágiles y promoviendo un comportamiento estructural más controlado y predecible. El autor también destacó las ventajas técnicas y prácticas de la fibra de carbono frente a las planchas de acero. Entre las principales diferencias, señaló que la fibra de carbono presenta un peso considerablemente menor, lo que facilita su transporte y manipulación, además de simplificar el proceso de instalación. Esto, combinado con sus propiedades superiores en términos de resistencia a la tracción y durabilidad, la convierte en una opción más atractiva para el reforzamiento de estructuras en contextos desafiantes. Medina concluyó que la fibra de carbono no solo mejora significativamente la resistencia y ductilidad de las vigas de concreto armado, sino que también representa una solución eficiente y sostenible para mitigar riesgos estructurales en regiones con altas demandas sísmicas. Este trabajo aporta importantes hallazgos para la ingeniería estructural, demostrando cómo los materiales avanzados pueden ser implementados eficazmente para reforzar estructuras críticas en entornos de alta vulnerabilidad.

Según Castro (2019) El estudio se centró en evaluar la eficacia del uso de fibra de carbono como material de refuerzo en columnas de concreto sometidas a compresión, en el contexto de proyectos de edificación en Lima, una región caracterizada por su alta demanda estructural debido a las condiciones sísmicas y urbanísticas. Este trabajo tuvo como objetivo principal analizar cómo la incorporación de fibra de carbono influye en el comportamiento de las columnas ante cargas extremas, así como en la redistribución de esfuerzos internos y en los patrones de falla que estas experimentan bajo condiciones críticas. La investigación buscó aportar soluciones innovadoras para mejorar el desempeño de las estructuras de concreto armado, respondiendo a las crecientes necesidades de seguridad y durabilidad en proyectos modernos de construcción. A través de ensayos experimentales realizados bajo condiciones controladas, se pudo



constatar que las columnas reforzadas con fibra de carbono presentaron un desempeño estructural significativamente superior en comparación con las columnas convencionales no reforzadas. Estas columnas reforzadas mostraron una distribución más uniforme de las fisuras, lo que contribuyó a minimizar la concentración de esfuerzos críticos y a prolongar el tiempo hasta el colapso. Asimismo, se evidenció una mayor capacidad de absorción de energía, lo que es crucial para elementos sometidos a cargas extremas o condiciones sísmicas. Los patrones de falla observados en las columnas reforzadas fueron notablemente más controlados y predecibles, favoreciendo un comportamiento estructural más seguro y confiable. En contraste, las columnas no reforzadas experimentaron fallas frágiles y repentinas, aumentando el riesgo de colapso súbito. Estos resultados destacan la capacidad de la fibra de carbono para actuar como un sistema de refuerzo altamente eficiente, mejorando la redistribución de esfuerzos internos y aumentando tanto la capacidad de carga como la seguridad general de las columnas. El autor, Castro, argumentó que el uso de fibra de carbono representa una solución técnica avanzada y eficaz, especialmente en áreas urbanas como Lima, donde las estructuras enfrentan altas demandas debido a factores como el crecimiento vertical de edificaciones y la actividad sísmica constante. Aunque se reconoció que el costo inicial del reforzamiento con fibra de carbono es elevado, el estudio enfatizó los beneficios a largo plazo de esta técnica, incluyendo una mayor durabilidad, reducción de costos asociados a reparaciones futuras y un incremento significativo en la seguridad estructural. Si bien el análisis se centró específicamente en columnas sometidas a compresión, los hallazgos de esta investigación son extrapolables a otros elementos estructurales que pueden beneficiarse del uso de fibra de carbono como material de refuerzo. Castro concluyó que, considerando los beneficios técnicos y económicos, esta técnica de reforzamiento es una alternativa viable y sostenible para proyectos de edificación en áreas urbanas de alta demanda estructural, contribuyendo de manera significativa al desarrollo de construcciones más seguras y resilientes frente a eventos extremos.



Según Chaiña, (2023) La presente tesis tiene como objetivo general evaluar y comparar el comportamiento sísmico de una edificación de siete niveles mediante la implementación de tres propuestas de reforzamiento estructural en la ciudad de Puno, en el año 2022. Este estudio surge de la necesidad de identificar las técnicas más eficaces para garantizar la seguridad estructural de edificaciones ubicadas en zonas de alta actividad sísmica, como lo es Puno, donde las características geológicas y climáticas imponen demandas significativas a las estructuras. La metodología empleada en esta investigación es de tipo aplicada, con un diseño no experimental, un nivel descriptivo y un enfoque cuantitativo. Este enfoque permitió analizar y comparar los resultados obtenidos mediante simulaciones y ensayos estructurales, utilizando como marco de referencia la Norma Técnica Peruana E.030 Diseño Sismorresistente, para asegurar que las propuestas cumplieran con los requisitos establecidos por la normativa nacional. Los tres tipos de reforzamiento estructural propuestos en este estudio son: aisladores elastoméricos. Cada una de estas técnicas fue seleccionada por sus características particulares y su capacidad para mejorar el desempeño sísmico de las edificaciones de manera diferenciada. Los resultados obtenidos revelaron diferencias significativas en la eficacia de cada técnica al evaluar la reducción de las derivas máximas intercaladas, un indicador clave del comportamiento estructural durante eventos sísmicos. En particular, la edificación reforzada con los desplazamientos relativos entre los niveles. Por otro lado, el uso de disipadores de energía de fluido viscoso también mostró una notable eficacia, logrando una reducción de 67.51% en las derivas máximas, apenas 1.33% menos eficiente que los aisladores elastoméricos. Finalmente, la técnica de encamisado con fibra de carbono obtuvo una reducción menor, con un porcentaje de 35.12%, destacando como una alternativa menos efectiva en comparación con las otras dos propuestas. Las comparaciones entre estas técnicas de reforzamiento evidenciaron diferencias significativas. Entre los aisladores elastoméricos y los disipadores de energía de fluido viscoso, la diferencia en reducción de derivas fue mínima, con solo 1.33%, lo que sugiere que ambos sistemas son altamente eficientes y comparables en términos de desempeño.



Sin embargo, al comparar el encamisado con fibra de carbono con los otros dos métodos, se encontró una brecha considerable: 32.39% frente a los disipadores y 33.72% frente a los aisladores elastoméricos. Estos resultados llevaron a la conclusión de que, para edificaciones de este tipo, el uso de es la solución más eficiente para mejorar el comportamiento sísmico, seguido de los disipadores de energía de fluido viscoso. Aunque el encamisado con fibra de carbono es menos efectivo en términos de reducción de derivas, puede ser una opción viable en situaciones donde se prioricen costos más bajos o menor complejidad en la implementación. Este estudio no solo proporciona datos importantes para la toma de decisiones en proyectos de reforzamiento estructural, sino que también contribuye al desarrollo de prácticas más seguras y sostenibles en el diseño sismorresistente de edificaciones en regiones altamente vulnerables como Puno.

Según Lipa, (2024). Este estudio surge de la necesidad de explorar alternativas sostenibles y eficientes para mejorar las propiedades del concreto, reduciendo al mismo tiempo el impacto ambiental asociado al uso intensivo de cemento Portland. La metodología empleada en el estudio fue del tipo aplicada, con un diseño cuasiexperimental y un enfoque cuantitativo que permitió medir de manera precisa las variaciones de estudio consistió en un total de 60 probetas, 45 briquetas y 15 vigas de concreto, a las cuales se les incorporó nanosílice al 3% y cenizas volantes de carbón en proporciones de 5%, 10% y 15%. Para la recolección de datos se utilizaron técnicas de observación participante y no participante, empleando como instrumento una guía de observación diseñada específicamente para el análisis de los resultados experimentales. El procesamiento de datos se realizó utilizando herramientas como Excel y el software estadístico SPSS, lo que permitió analizar la información de manera rigurosa y sistemática. Los resultados obtenidos indicaron que la combinación óptima para maximizar las propiedades mecánicas del concreto fue la incorporación de un 3% de nanosílice y un 5% de cenizas volantes de carbón. Con esta dosificación, el concreto



alcanzó una resistencia a la compresión de 378,67 kg/cm², superando ampliamente la resistencia de diseño establecida a los 28 días de edad. Sin embargo, al aumentar el porcentaje de cenizas volantes al 10% y 15%, aunque las propiedades mecánicas del concreto disminuyeron en comparación con la muestra patrón, los resultados obtenidos continuaron cumpliendo con los requisitos para un $f'c = 350$ kg/cm², lo que evidencia su viabilidad como material sustituto. Por otro lado, los ensayos de resistencia a la flexión mostraron un buen desempeño al incorporar un 3% de nanosílice y un 5% de cenizas volantes, destacando la capacidad de esta combinación para mejorar el comportamiento del concreto ante cargas de flexión. En conclusión, el estudio demostró que la incorporación de nanosílice y cenizas volantes de carbón al concreto puede ser una alternativa viable y sostenible para sustituir parcialmente el cemento, siempre y cuando se respeten proporciones óptimas de 3% y 5%, respectivamente. Estos resultados no solo destacan el potencial de estos materiales para mejorar las propiedades físico-mecánicas del concreto de alta resistencia, sino que también ofrecen una solución práctica para reducir el impacto ambiental asociado a la producción de cemento. Además, esta investigación aporta conocimientos valiosos para el desarrollo de tecnologías más sostenibles en la construcción, promoviendo el uso de aditivos innovadores que potencien el rendimiento de las estructuras y contribuyan al cuidado del medio ambiente.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 *Concreto de diseño convencional.*

Según Bedoya (2022), este tipo de concreto es ampliamente utilizado en edificaciones de pequeña y mediana escala debido a su capacidad para soportar cargas moderadas en elementos como vigas, columnas y losas (Bedoya, Scielo, 2022). La resistencia característica estándar del concreto convencional suele ser de 210 kg/cm², un

parámetro clave para garantizar la estabilidad estructural en condiciones normales de uso.

2.2.1.1 Propiedades Mecánicas

El concreto convencional destaca por su resistencia a la compresión, que se logra mediante una mezcla óptima de cemento, agregados finos, agregados gruesos y agua. Sin embargo, presenta limitaciones significativas en su resistencia a tracción y flexión. Estas propiedades limitadas pueden ocasionar fisuras y fallas bajo esfuerzos tensiles o cargas dinámicas, según lo señalado por González et al. (2019), quienes explican que la inclusión de aditivos y materiales alternativos ha permitido mejorar estas características.

1. Resistencia a la Compresión

Es la capacidad del concreto para resistir cargas que tienden a reducir su tamaño. Es la propiedad mecánica más relevante en el diseño estructural, ya que la mayoría de los esfuerzos en el concreto están relacionados con la compresión.

Valores típicos: En concretos convencionales, la resistencia característica (f'_c) varía entre 140 kg/cm² y 350 kg/cm². En este estudio, se utiliza un concreto con $f'_c=210\text{kg/cm}^2$.

Factores que la afectan:

- Relación (A/C): A menor relación, mayor resistencia.
- Curado: Un curado adecuado permite que las reacciones de hidratación del cemento se completen, aumentando la resistencia.
- Calidad de los agregados: La resistencia del concreto está influenciada por las particularidades físicas y mecánicas de los agregados utilizados.

Importancia: La resistencia a la compresión se utiliza como parámetro base para estimar otras propiedades del concreto, como la resistencia a la tracción y a la flexión.

2. Resistencia a la Tracción

Es la capacidad del concreto para resistir fuerzas que tienden a separarlo o alargarlo. El concreto tiene una resistencia a la tracción mucho menor que a la compresión debido a su naturaleza frágil.

Modos de falla:

- Falla frágil: Ocurre de manera repentina y sin previo aviso.
- Falla por fisuración: Inicia con microfisuras que se expanden rápidamente bajo carga.

Relevancia en el diseño: La baja resistencia a la tracción del concreto justifica el uso de refuerzos externos (como acero o fibra de carbono) para soportar esfuerzos de tracción.

3. Resistencia a la Flexión

Es la capacidad del concreto para resistir esfuerzos combinados de tracción y compresión generados por cargas aplicadas que tienden a doblar el elemento.

Cálculo experimental: Se mide mediante ensayos de carga en tres puntos y se calcula con la fórmula:

$$R_f = \frac{P \cdot L}{b \cdot d^2}$$

Donde:

- R_f : Resistencia a la flexión (MPa o kg/cm²).
- P: Carga máxima aplicada (N).
- L: Luz efectiva entre apoyos (cm).
- b: Ancho de la viga (cm).
- d: Altura de la viga (cm).

2.2.1.2 Aplicaciones y Usos

De acuerdo con Contreras y Rojas (2024), el concreto convencional es ideal para estructuras sometidas a cargas moderadas, como pavimentos, muros y cimentaciones. Este tipo de concreto es particularmente eficiente en países de Latinoamérica debido a su bajo costo relativo y accesibilidad de los materiales básicos.

2.2.1.3 Limitaciones Técnicas

Uno de los desafíos más destacados del concreto convencional es su baja ductilidad y propensión a fisuras bajo cargas de tracción. Estudios recientes, como el de Alfaro Honorio y Cuadra Lezama (2020), señalan que la adición de fibras metálicas o recicladas puede mitigar estas limitaciones, aumentando la capacidad del concreto para resistir esfuerzos de tracción y flexión sin comprometer su durabilidad.

2.2.1.4 Perspectiva Sostenible

La integración de materiales reciclados en mezclas de concreto convencional ha sido una estrategia prometedora para mejorar sus propiedades mecánicas mientras se reduce el impacto ambiental. Por ejemplo, Camarena Flores et al. (2022) estudiaron la inclusión de escoria de acero y residuos de construcción en mezclas convencionales, logrando una reducción significativa en el consumo de recursos naturales y una mejora en la resistencia a compresión.

2.2.1.5 Importancia Regional en Latinoamérica

En Latinoamérica, el concreto convencional es un componente clave en la construcción debido a su adaptabilidad a diversas condiciones climáticas y económicas. Según Guerrero et al. (2020), la producción local de agregados y cemento facilita su uso masivo en proyectos de infraestructura, además de incentivar la investigación para optimizar sus propiedades en contextos específicos.

2.2.2 Materiales para la elaboración de concreto.

Su composición y calidad dependen de una combinación precisa de materiales básicos que interactúan químicamente para proporcionar resistencia, estabilidad y durabilidad a largo plazo. A continuación, se describen los principales componentes del concreto, sus propiedades y la influencia de estos en el desempeño final del material.

2.2.2.1 Cemento

Es aglutinante hidráulico que, al combinarse con agua, inicia un proceso de hidratación química que resulta en una pasta capaz de endurecerse y adherirse a los

agregados. Este proceso confiere al concreto su resistencia mecánica y estabilidad estructural (González & Martínez, 2021).

Tipos de Cemento

1. **Cemento Portland:** Es el más utilizado en construcción por su versatilidad y buen desempeño en diversas condiciones. Se clasifica en:
 - **Tipo I:** Uso general en construcciones comunes.
 - **Tipo II:** Ofrece resistencia moderada a sulfatos, adecuado para ambientes químicos moderados.
 - **Tipo V:** Diseñado para resistir ambientes altamente agresivos con alta concentración de sulfatos.
2. **Cementos con Adiciones:** Incorporan materiales suplementarios como cenizas volantes, escoria granulada y puzolanas naturales. Estas adiciones no solo mejoran la durabilidad y resistencia química, sino que también reducen el calor de hidratación, haciéndolos adecuados para proyectos sostenibles y de larga vida útil (González & Martínez, 2021).

Propiedades Fundamentales

- **Tiempo de Fraguado:** Define el intervalo disponible para trabajar el concreto antes de que comience a endurecer. Los cementos con adiciones tienden a prolongar el tiempo de fraguado, facilitando su uso en climas cálidos.
- **Resistencia Mecánica:** Es crucial para garantizar el desempeño estructural del concreto, especialmente en aplicaciones de carga.
- **Durabilidad Química:** Los cementos con menor reactividad química son preferibles en entornos agresivos, como áreas expuestas a sulfatos y cloruros, mejorando la vida útil de las estructuras (Maldonado et al., 2022).

2.2.2.2 Agua

El agua desempeña un papel esencial en la activación del cemento y la formación de la pasta de concreto. Sin embargo, su calidad y cantidad son factores críticos que afectan directamente las propiedades del material.

Relación Agua-Cemento (a/c)

- **Relaciones bajas (≤ 0.45):** Resultan en concretos más densos y resistentes, adecuados para estructuras de alta carga.
- **Relaciones altas (≥ 0.55):** Mejoran la trabajabilidad, pero reducen la resistencia y aumentan la porosidad del concreto (Maldonado et al., 2022).

Calidad del Agua

El agua utilizada debe estar libre de impurezas como sales, aceites o materia orgánica, ya que estas pueden inhibir la hidratación del cemento o acelerar la corrosión de los refuerzos. Según Maldonado et al. (2022), la calidad del agua puede influir en la durabilidad del concreto hasta en un 20%.

2.2.2.3 Agregados

Los agregados representan entre el 60% y el 80% del volumen total del concreto, lo que los convierte en uno de los componentes principales del material.

- **Clasificación**
- **Agregados Finos:** Incluyen arena natural o procesada con tamaños menores a 5 mm. Su función principal es proporcionar cohesión y llenar los vacíos entre los agregados gruesos.
- **Agregados Gruesos:** Conformados por piedras o gravas de tamaños superiores a 5 mm, aportan resistencia mecánica y estabilidad dimensional al concreto (Pérez & López, 2020).

Propiedades Clave

1. **Forma y Textura:** Los agregados angulares ofrecen mayor adherencia con el cemento, mientras que los redondeados mejoran la trabajabilidad.
2. **Absorción de Agua:** La capacidad de los agregados para retener agua puede alterar la relación agua-cemento y, por ende, la resistencia final del concreto.

2.2.2.4 Aditivos

Los aditivos son compuestos químicos utilizados para modificar las propiedades del concreto, ya sea en su estado fresco o endurecido.

Clasificación

1. **Plastificantes y Superplastificantes:** Incrementan la fluidez sin aumentar la cantidad de agua, esenciales en concretos de alta resistencia.
2. **Acelerantes:** Reducen el tiempo de fraguado, útiles en climas fríos.
3. **Retardantes:** Prolongan la trabajabilidad en climas cálidos o proyectos de gran envergadura.
4. **Incorporadores de Aire:** Introducen microburbujas para mejorar la resistencia a ciclos de congelación-descongelación (López et al., 2023).

2.2.2.5 Diseño de Mezclas

Métodos de Diseño

1. **Método ACI:** Utiliza tablas y fórmulas para determinar las proporciones adecuadas de cada material.
2. **Método Volumétrico:** Calcula las proporciones en función de los volúmenes absolutos de los componentes.

2.2.3 Refuerzo Externo

El refuerzo externo es una técnica avanzada en ingeniería estructural destinada a incrementar la capacidad de carga, la estabilidad y la durabilidad de estructuras existentes. Este método se implementa mediante la adición de materiales de alta resistencia en las superficies externas de los elementos estructurales, siendo las fibras de carbono (CFRP, por sus siglas en inglés) las más utilizadas debido a sus propiedades excepcionales. Este enfoque permite abordar deficiencias estructurales, adaptarse a nuevas demandas de carga o rehabilitar estructuras deterioradas por el tiempo o eventos extremos como sismos.

2.2.3.1 Características Fundamentales del Refuerzo Externo

El refuerzo externo está diseñado para trabajar conjuntamente con la estructura existente, mejorando sus propiedades mecánicas y prolongando su vida útil. Según

Rodríguez Valenzuela (2022), esta técnica resulta particularmente efectiva en elementos sometidos a esfuerzos de flexión o tracción, como vigas y columnas de concreto armado.

Los materiales utilizados para el refuerzo externo, como las fibras de carbono, presentan las siguientes ventajas:

- **Ligereza y alta resistencia:** Las fibras de carbono tienen una relación resistencia-peso superior a la del acero.
- **Resistencia a la corrosión:** Ideales para ambientes agresivos o húmedos.
- **Adaptabilidad:** Pueden aplicarse en diversas formas (láminas, tejidos, tiras) y adaptarse a geometrías complejas.

2.2.3.2 Tipos de Refuerzo Externo

Refuerzo Parcial:

Este tipo de refuerzo cubre solo áreas específicas del elemento estructural que presentan mayor demanda de resistencia. Las aplicaciones más comunes incluyen reforzar secciones de vigas sometidas a flexión o columnas con fisuras localizadas.

Aplicaciones prácticas: En estudios realizados por Bonilla Silva (2021), el refuerzo parcial se empleó para reforzar vigas deterioradas de puentes peatonales en Ecuador, mejorando su capacidad de carga en un 30%.

Refuerzo Total:

Este método cubre completamente el elemento estructural, mejorando significativamente su capacidad para soportar cargas tanto estáticas como dinámicas. Es común en proyectos de rehabilitación en zonas sísmicas.

Casos en Latinoamérica: Según Cruz Coillo (2023), en Bolivia se utilizó refuerzo total con fibras de carbono para rehabilitar edificios históricos dañados por sismos, logrando aumentar la rigidez estructural sin alterar significativamente el peso de la estructura.

2.2.3.3 Aplicaciones en Latinoamérica

Rehabilitación de Puentes y Viaductos:

En Perú, un estudio de Quispe Zarzo (2021) analizó el uso de refuerzos externos en puentes peatonales y vehiculares afectados por la corrosión, logrando extender su vida útil en más de 20 años.

Edificaciones en Zonas Sísmicas:

Rodríguez Valenzuela (2022) destacó el refuerzo de muros de mampostería con CFRP en México, logrando una mejora del 40% en su capacidad de absorción de energía sísmica.

Infraestructura Crítica:

En Lima, Salazar Calcina (2021) implementó refuerzos externos en hospitales para cumplir con las normas antisísmicas, utilizando fibras de carbono para garantizar operaciones continuas durante emergencias.

2.2.3.4 Uso de Fibras de Carbono en Refuerzo Externo

Las fibras de carbono (CFRP) son el material preferido debido a sus propiedades únicas:

- Alta resistencia a tracción: Mejora la capacidad de los elementos para soportar cargas dinámicas.
- Durabilidad: Resiste condiciones climáticas extremas y ambientes agresivos.
- Flexibilidad de diseño: Se adapta a estructuras con geometrías complejas, como arcos o cúpulas.

López (2023) reportó que, en aplicaciones prácticas, el uso de CFRP en vigas de concreto armado aumentó su capacidad de flexión en un 50%, una mejora significativa en comparación con métodos tradicionales.

2.2.3.5 Limitaciones y Desafíos

Aunque el refuerzo externo con CFRP ofrece múltiples ventajas, también presenta desafíos:

- Costos iniciales elevados: Las fibras de carbono son más costosas que otros materiales.

- Requerimientos de instalación especializada: Es necesario capacitar personal técnico para garantizar una correcta aplicación.
- Compatibilidad con materiales existentes: En algunos casos, puede requerirse preparación adicional de la superficie para garantizar la adhesión del material.

2.2.4 Fibra de Carbono.

La fibra de carbono es un material compuesto altamente versátil, empleado en la ingeniería estructural para mejorar el desempeño y la durabilidad de diversos elementos estructurales, especialmente vigas. Su combinación única de propiedades mecánicas y físicas la posiciona como un recurso clave en la rehabilitación y el refuerzo de estructuras sometidas a exigencias extremas.

2.2.4.1 Características de la Fibra de Carbono

Composición y Propiedades Mecánicas:

- La fibra de carbono está formada por filamentos de carbono agrupados y combinados con una matriz polimérica (generalmente resina epoxi) para crear un material compuesto.
- Ofrece una resistencia a la tracción de hasta 6000 MPa, siendo cinco veces más fuerte que el acero, pero con un peso significativamente menor (Cruz Coillo, 2023).
- Su baja densidad (aproximadamente 1.6 g/cm³) la convierte en un material ligero que no incrementa sustancialmente la carga adicional en las estructuras reforzadas.

Durabilidad y Resistencia a la Corrosión:

- Este material es altamente resistente a ambientes agresivos como humedad, salinidad y agentes químicos, lo que lo hace ideal para aplicaciones en climas tropicales o zonas costeras (Quispe Zarzo, 2021).

Flexibilidad y Adaptabilidad:

Las fibras de carbono pueden ser moldeadas en diversas formas, como laminados unidireccionales, tejidos bidireccionales o parches, adaptándose a la geometría y las necesidades específicas de los elementos estructurales (Bonilla Silva, 2021).

2.2.4.2 Aplicación en Vigas

La fibra de carbono es una herramienta eficaz para reforzar vigas de concreto armado y de otros materiales estructurales. Sus aplicaciones incluyen la mejora de la capacidad de carga, la mitigación de la formación de fisuras y el aumento de la durabilidad estructural.

Incremento de la Capacidad de Carga:

Según Andrade Vintimilla (2022), la aplicación de laminados de fibra de carbono en vigas de concreto armado incrementó su capacidad de flexión en un 40%, permitiendo soportar mayores cargas en puentes y edificios residenciales.

Mitigación de Fisuras y Fallas Frágiles:

Los estudios realizados por Pullopaxi Aimacaña (2023) demuestran que la adhesión de fibra de carbono reduce significativamente las fisuras generadas por esfuerzos tensiles y ciclos de carga repetitiva, aumentando la vida útil de las vigas.

Rehabilitación de Infraestructura Existente:

En Latinoamérica, la fibra de carbono se ha utilizado en la rehabilitación de vigas de puentes peatonales y vehiculares deteriorados por el uso y la exposición ambiental. Bonilla Silva (2021) resalta su éxito en proyectos de infraestructura en Ecuador.

Desempeño en Áreas Sísmicas:

En regiones propensas a terremotos, como Perú y Chile, el uso de fibras de carbono en vigas ha demostrado mejorar la capacidad de absorción de energía durante eventos sísmicos. Quispe Zarzo (2021) reporta que las estructuras reforzadas muestran una mayor capacidad de deformación sin fallas críticas.

2.2.5 Análisis Costo-Beneficio

El análisis costo-beneficio (ACB) es una herramienta esencial en la evaluación de proyectos de refuerzo estructural, ya que permite valorar el impacto económico frente a las mejoras en seguridad, funcionalidad y durabilidad de las estructuras. Este enfoque es particularmente relevante en el contexto latinoamericano, donde los recursos financieros son limitados y la toma de decisiones optimizadas es crucial.

El concepto de ACB en refuerzo estructural se centra en comparar los costos de implementación con los beneficios tangibles e intangibles, como la mejora en la resistencia estructural, la prolongación de la vida útil de las edificaciones y la reducción de riesgos asociados a eventos extremos. Según Estrada Arana y Vivanco Pesántez (2019), el ACB ayuda a priorizar soluciones que no solo cumplan con estándares técnicos, sino que también sean económicamente viables en el contexto de las limitaciones presupuestarias de la región.

2.2.5.1 Indicadores Clave en el ACB

Costo por Punto Porcentual de Incremento en Resistencia: Este indicador mide la inversión requerida para cada punto porcentual de mejora en la capacidad de carga o resistencia de una estructura. Por ejemplo:

- **Fibras de carbono:** En Ecuador, el refuerzo de vigas con fibras de carbono mostró un costo por punto porcentual de mejora un 15% superior al del encamisado de acero, pero con beneficios adicionales en durabilidad y resistencia a la corrosión (Bonilla Silva, 2021).

Comparación con Métodos Convencionales: Técnicas como el encamisado de concreto o acero han sido estándar en el refuerzo estructural. Sin embargo, los materiales compuestos avanzados (como polímeros reforzados y fibras de carbono) presentan menores costos de mantenimiento y mayor durabilidad, lo que los posiciona como opciones más rentables a largo plazo.

- **Cruz Coillo (2023)** destaca que, en Bolivia, la fibra de carbono redujo en un 30% los costos de mantenimiento en estructuras reforzadas frente a métodos tradicionales (Repositorio UMSA, 2023).

2.2.5.2 Retorno de Inversión en Durabilidad:

Este indicador evalúa cómo los costos iniciales se justifican mediante la extensión de la vida útil de la estructura y la reducción de intervenciones futuras. González Cárdenas y Agudelo Rojas (2020) reportan que las soluciones avanzadas, aunque costosas inicialmente, presentan retornos superiores al 40% en plazos de 15 a 20 años.

Impacto en Seguridad y Reducción de Riesgos:

En zonas sísmicas, como Chile y Perú, el costo inicial del refuerzo con disipadores sísmicos o fibras de carbono se compensa con la reducción de daños estructurales y pérdidas humanas en caso de terremotos.

2.2.5.3 Aplicaciones del ACB en Latinoamérica

Infraestructura de Transporte (Puentes y Carreteras):

Caso de Puentes Rurales en Perú: Un estudio de Estrada Suyco y Rada Alvarado (2020) analizó el refuerzo de puentes con materiales compuestos frente a encamisado de acero. Los resultados mostraron que el uso de fibras de carbono redujo los costos de mantenimiento a la mitad, con una mejora del 35% en resistencia sísmica.

Rehabilitación de Viviendas:

En Ecuador, el análisis de refuerzo en viviendas de interés social con mallas de fibra de vidrio y mortero resultó ser 20% más económico que las técnicas tradicionales, permitiendo reforzar un mayor número de estructuras con el mismo presupuesto (Estrada Arana y Vivanco Pesántez, 2019).

Edificaciones Comerciales y Públicas:

En Lima, Perú, el refuerzo de hospitales y escuelas con disipadores sísmicos y fibras avanzadas mostró un retorno económico significativo debido a la reducción de costos por daños en eventos sísmicos, reportado por Sánchez Arcos (2023).

Protección de Infraestructura Histórica:

Caso en Quito, Ecuador: Según Ruiz Carrillo y Torres Reino (2019), la aplicación de refuerzo estructural con fibra de carbono en edificios patrimoniales permitió mantener la integridad arquitectónica mientras aumentaba la resistencia estructural en un 50%.

2.2.5.4 Desafíos en la Implementación del ACB

Acceso a Tecnologías Avanzadas:

En muchas regiones de Latinoamérica, la disponibilidad de materiales avanzados como fibras de carbono es limitada, lo que puede aumentar los costos iniciales.

Falta de Capacitación:

La implementación de tecnologías modernas requiere personal capacitado, lo que puede representar un costo adicional.

Variabilidad en Costos Regionales:

Los precios de los materiales y la mano de obra varían significativamente entre países, afectando los resultados del análisis.

Consideraciones Ambientales:

Ruiz Carrillo y Torres Reino (2019) enfatizan la necesidad de incluir el impacto ambiental en el ACB, favoreciendo soluciones sostenibles y de bajo impacto ecológico.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Análisis Costo-Beneficio.

El análisis costo-beneficio (ACB) compara los costos de una intervención con los beneficios obtenidos, como mejora en resistencia y durabilidad. Es crucial para seleccionar soluciones económicas y eficaces en refuerzo estructural. Incluye indicadores como costo por punto porcentual de resistencia y retorno en mantenimiento reducido. Permite optimizar recursos asegurando funcionalidad estructural.

2.3.2 Concreto Convencional.

El concreto de diseño convencional es un material ampliamente usado en construcción por su resistencia a compresión estándar de 210 kg/cm², ideal para cargas moderadas. Se compone de cemento, agua, agregados y a veces aditivos, ofreciendo durabilidad y versatilidad. Su resistencia a flexión y tracción es limitada, lo que puede provocar fisuras. Es una opción económica y común en proyectos de pequeña y mediana escala.

2.3.3 Fibra de Carbono.

La fibra de carbono es un material compuesto de filamentos de carbono y resinas epoxi, ligero y con alta resistencia a tracción. Es resistente a la corrosión, adaptable y eficaz para reforzar vigas, columnas y puentes. Reduce fisuras y mejora la durabilidad del concreto, especialmente en zonas de alta demanda estructural. Aunque costosa, su larga vida útil la hace rentable.

2.3.4 Refuerzo Estructural.

El refuerzo estructural mejora la capacidad de carga y resistencia de elementos mediante materiales como fibra de carbono o acero. Es utilizado para rehabilitar, modernizar o proteger estructuras frente a mayores demandas o daños. Puede ser interno o externo, adaptándose a la función requerida. Es esencial para garantizar estabilidad y durabilidad en infraestructuras nuevas y existentes.

2.3.5 Resistencia a la Flexión.

La resistencia a la flexión mide la capacidad de un material para soportar fuerzas que lo doblan, siendo menor en concreto comparado con su resistencia a compresión. Es crucial en elementos sometidos a cargas dinámicas como vigas y losas. Su mejora requiere refuerzos internos o externos para evitar fisuras o fallas frágiles. Es clave en el diseño estructural para garantizar estabilidad.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la Investigación

El "diseño" es la estrategia para recopilar información y responder al problema planteado, siguiendo pasos clave para garantizar aportes significativos al estudio. (Hernandez & Baptista, 2014). El diseño de la investigación es de tipo experimental porque se manipulan las condiciones de las vigas de concreto (porcentaje de cobertura de fibra de carbono) para observar su impacto en la resistencia a la flexión y otros parámetros estructurales. Se realiza bajo un enfoque cuantitativo, ya que los datos obtenidos son medibles y analizables de manera estadística.

3.2 Método de la Investigación

Según Tamayo y Tamayo (2012), metodología científica se basa en un conjunto de procedimientos sistemáticos que permiten plantear interrogantes en el ámbito científico y someter hipótesis a pruebas rigurosas mediante herramientas de investigación. La investigación planteada tendrá un enfoque científico, orientado hacia la producción de nuevo conocimiento en el ámbito de las ciencias. Este enfoque demanda



el seguimiento de un proceso estructurado y metódico, diseñado para alcanzar conclusiones fundamentadas y fiables.

3.3 Nivel y tipo de la investigación

3.3.1 Nivel de la Investigación

(Sampieri, Collado, & Lucio, 2014), La aplicada se caracteriza por su énfasis en la aplicación práctica de los resultados para mejorar las prácticas, los procesos y los productos. Este estudio mejora la comprensión académica y ejerce una influencia concreta en el entorno social o industrial. El nivel es explicativo, ya que busca identificar cómo el refuerzo con fibra de carbono afecta la resistencia a la flexión y la ductilidad de las vigas de concreto, proporcionando un análisis detallado de las causas y efectos.

3.3.2 Tipo de la investigación

(Hernandez & Baptista, 2014), es una metodología de estudio que busca abordar problemas reconocidos dentro de un dominio particular del conocimiento utilizando sus resultados en contextos prácticos. Es de tipo aplicada, dado que se enfoca en resolver problemas prácticos en el campo de la ingeniería civil, proponiendo una solución técnica para mejorar el comportamiento estructural del concreto mediante el uso de refuerzos innovadores.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

(Barrera, 2000) el fenómeno a estudiar, es esencial identificar las unidades de estudio, es decir, los sujetos o elementos donde se manifiesta, conformando así la población. La población conforma por todas las vigas de concreto de diseño convencional ($f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$) utilizadas en obras civiles en la región de Puno, que pueden ser sometidas a esfuerzos de flexión.

3.4.2 Muestra

(Arias, 2012) La muestra es un segmento representativo de la población que permite inferir resultados con un margen de error definido. (p. 83). La muestra está constituida por 60 vigas de concreto fabricadas en laboratorio con dimensiones estándar de 15 x 15 x 60 cm, distribuidas en cuatro grupos:

- ❖ 15 vigas sin refuerzo (grupo control).
- ❖ 15 vigas reforzadas con 50% de cobertura de fibra de carbono.
- ❖ 15 vigas reforzadas con 75% de cobertura de fibra de carbono.
- ❖ 15 vigas reforzadas con 100% de cobertura de fibra de carbono.
- ❖ Cada grupo se divide en tres edades de ensayo: 7, 14 y 28 días.

3.5 Técnicas e instrumentos de investigación.

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

En las operaciones de investigación científica se utilizan muchos tipos diferentes de equipos y técnicas especializadas. La investigación científica se apoya en ellos para llevar a cabo su procedimiento esencial, riguroso y metódico. Esto abarca una amplia gama de prácticas, que incluyen, entre otras, la recopilación y el análisis de datos, la realización de experimentos, la realización de observaciones cuidadosas y las encuestas. Los objetivos del estudio y las características del sujeto informan la selección de cada técnica metodológica, lo que a su vez garantiza la fiabilidad, la validez y la precisión de los resultados obtenidos. La selección y el dominio de estos procedimientos son absolutamente cruciales para mantener la calidad y la integridad de la investigación científica. (Hernández & Duana, 2020, pág. 51).

Fabricación y Curado de las Vigas

- **Diseño de mezcla:** Las vigas se fabrican utilizando un diseño de mezcla que asegura una resistencia característica de 210 kg/cm², cumpliendo con los estándares de

calidad requeridos para ensayos estructurales. Los materiales utilizados incluyen cemento Portland tipo IP, arena, grava y agua, con una relación agua/cemento controlado de 0.60 para garantizar uniformidad en las propiedades del concreto.

- **Curado:** Las vigas son curadas mediante inmersión en agua a temperatura ambiente durante períodos específicos de 7, 14 y 28 días. Este proceso reproduce condiciones reales de curado en la región de Puno, donde las temperaturas oscilan dentro de un rango que permite simular el desempeño del material en condiciones locales. La inmersión continua evita la evaporación prematura del agua, favoreciendo una hidratación completa del cemento.

Aplicación del Refuerzo

- **Selección de las vigas:** Las vigas son divididas en grupos experimentales y grupo control. En los grupos experimentales, se refuerzan utilizando láminas de fibra de carbono aplicadas en diferentes porcentajes de cobertura (50%, 75%, 100%).
- **Método de aplicación:** El refuerzo se realiza lijando y limpiando las superficies a reforzar, aplicando un adhesivo epóxico estructural en una capa uniforme. Posteriormente, las láminas de fibra de carbono son adheridas asegurando una distribución homogénea y evitando burbujas de aire que puedan comprometer la adherencia.
- **Cura del refuerzo:** Después de la aplicación, las vigas reforzadas son curadas durante 48 horas a temperatura ambiente, garantizando el desarrollo adecuado de las propiedades adhesivas del epóxico.

Ensayos de Resistencia a la Flexión

- **Método de ensayo:** Los ensayos de resistencia a la flexión se realizan utilizando el método de carga en tres puntos, en el cual la viga es sometida a una carga progresiva hasta alcanzar la falla.
- **Instrumentación:** Los ensayos son ejecutados en una máquina universal de ensayos con capacidad de 50 kN, la cual mide la carga máxima aplicada y registra

automáticamente los datos. Este método permite evaluar la capacidad de las vigas para soportar esfuerzos de flexión, así como observar su comportamiento estructural y los patrones de falla.

Observación del Patrón de Falla

- **Documentación visual:** Se registra visualmente el comportamiento de las vigas durante los ensayos, documentando las fisuras generadas, su distribución y progresión. Esto permite analizar cómo el refuerzo de fibra de carbono influye en la formación de fisuras y el comportamiento post-falla.
- **Clasificación de fallas:** Las fallas son clasificadas según los tipos de fisuras observadas: flexión pura, corte o combinadas, lo que proporciona información detallada sobre los mecanismos de falla del material.

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

Los instrumentos de medición son equipos especialmente diseñados que los investigadores utilizan para medir o evaluar con precisión diferentes aspectos o variables dentro de un estudio. Para facilitar la evaluación empírica de sucesos, rasgos o comportamientos relevantes para la investigación, estos dispositivos ofrecen los parámetros perfectos para las mediciones. Para realizar su trabajo de manera eficaz, los equipos de investigación deben poder recopilar datos confiables y genuinos. Para ello, debe haber un proceso de validación exhaustivo. Este método de validación del instrumento garantiza que sea apropiado para la medición prevista, produzca resultados correctos de manera constante y pueda demostrar precisión en su desempeño. (Hernández & Duana, 2020, pág. 52).

- **Máquina Universal de Ensayos:** Herramienta fundamental para aplicar cargas controladas y registrar los valores de carga máxima soportada por las vigas.



- **Cinta Métrica y Vernier:** Utilizados para medir las dimensiones iniciales y finales de las vigas, asegurando la uniformidad de las muestras y registrando posibles deformaciones.
- **Software Estadístico:** Herramientas como SPSS y Excel permiten sistematizar los datos obtenidos, realizar análisis estadísticos, calcular promedios, desviaciones estándar y analizar tendencias.
- **Cámara Fotográfica:** Captura imágenes de los patrones de fisura, el momento de falla y otros detalles relevantes durante los ensayos.

3.6 Proceso de obtención de datos.

El proceso de obtención de datos es una etapa fundamental de la investigación, ya que asegura que la información recopilada sea precisa, confiable y representativa de las variables analizadas. Se estructura en varias fases que comprenden desde la planificación y diseño experimental hasta la sistematización y análisis de los resultados. Este enfoque garantiza un control riguroso sobre cada etapa, reduciendo al máximo los posibles errores y sesgos en los resultados.

3.6.1 *Desarrollo de plan de investigación*

La fabricación de las vigas de concreto constituye el primer paso en el proceso de investigación. Esta etapa incluye la preparación de la mezcla, el moldeado, la compactación, la identificación de las muestras y su clasificación en grupos experimentales. Cada paso se realiza siguiendo estándares técnicos para garantizar la calidad y uniformidad de las muestras.

PREPARACIÓN DEL CONCRETO

Selección de los materiales:

- Los principales componentes del concreto incluyen cemento Portland IP, arena, grava y agua.

- **Cemento:** Se selecciona cemento Portland tipo IP por su resistencia y capacidad de durabilidad, cumpliendo con las normativas vigentes.
- **Arena:** Se emplea arena de granulometría controlada para garantizar una adecuada distribución de partículas finas.
- **Grava:** La grava utilizada tiene un tamaño máximo de 20 mm, permitiendo una buena compactación y minimizando los vacíos.
- **Agua:** Se utiliza agua limpia libre de impurezas, cumpliendo con los requisitos establecidos para mezclas de concreto estructural.

DOSIFICACIÓN DE LA MEZCLA:

- La relación agua/cemento es de 0.60, lo que proporciona una mezcla trabajable y al mismo tiempo asegura una adecuada resistencia del concreto.
- Las proporciones de cemento, arena y grava son cuidadosamente pesadas en una balanza de alta precisión para mantener consistencia entre las muestras.

MEZCLADO:

- El proceso de mezclado se realiza en una mezcladora mecánica, lo que garantiza una homogeneidad óptima de los materiales.
- Durante el mezclado se controla visualmente que no haya segregación de los agregados y que el color de la mezcla sea uniforme.

Figura 1

Preparación del concreto.



MOLDEO Y COMPACTACIÓN

MOLDEO:

- Se utilizan moldes metálicos estandarizados con dimensiones específicas de 15 cm x 15 cm x 60 cm, cumpliendo con los requisitos normativos para ensayos de resistencia a la flexión.
- Los moldes se lubrican previamente para facilitar el desmolde de las vigas sin dañar sus superficies.

COMPACTACIÓN:

- La compactación se realiza de forma mecánica mediante vibradores externos. Este procedimiento asegura la eliminación de vacíos y porosidades en el concreto, logrando una densidad uniforme en toda la sección de la viga.
- Se aplican golpes suaves en los moldes para liberar el aire atrapado.

Figura 2

Moldeo y compactación de las vigas.



IDENTIFICACIÓN DE LAS VIGAS

ETIQUETADO:



- A cada viga se le asigna un código único que identifica su grupo experimental, porcentaje de refuerzo y período de curado. Ejemplo: C50-7 (cobertura de fibra de carbono del 50%, curado de 7 días).
- Este código se graba en la superficie del concreto con marcador resistente al agua o mediante etiquetas adhesivas especializadas.

CLASIFICACIÓN:

- Las vigas se agrupan según los siguientes criterios:
- Grupo control: Vigas sin refuerzo.
- Grupos experimentales: Vigas con refuerzo de fibra de carbono al 50%, 75% y 100%.
- Edad de ensayo: Curado a 7, 14 y 28 días.

CURADO

PREPARACIÓN DEL CURADO:

- Las vigas, después de ser desmoldadas, se sumergen inmediatamente en tanques de agua limpia para iniciar el proceso de curado.

CONDICIONES DEL AGUA:

- El agua de los tanques se mantiene a temperatura ambiente, simulando las condiciones promedio de la región de Puno. Se monitorea regularmente la temperatura para asegurar que se mantenga dentro de un rango de 20°C a 25°C.

DURACIÓN DEL CURADO:

- Los períodos de curado son de 7, 14 y 28 días, seleccionados para evaluar el desarrollo progresivo de la resistencia del concreto.

SUPERVISIÓN:

- Durante el curado, se realiza una inspección periódica para verificar que las vigas estén completamente sumergidas y para reponer agua si es necesario.

APLICACIÓN DEL REFUERZO

PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES:

- Las caras inferiores de las vigas seleccionadas son lijadas con lijadoras eléctricas para eliminar irregularidades y proporcionar una superficie rugosa.
- Posteriormente, se realiza una limpieza con aire comprimido y alcohol isopropílico para remover cualquier partícula de polvo, grasa u otros contaminantes.

ADHESIÓN DE FIBRA DE CARBONO:

- Se aplica un adhesivo epóxico estructural en una capa uniforme con una espátula dentada. Este adhesivo es seleccionado por su alta resistencia y durabilidad.
- Las láminas de fibra de carbono son colocadas cuidadosamente sobre el adhesivo, evitando la formación de burbujas o áreas despegadas.

CURA DEL SISTEMA:

- Las vigas reforzadas se dejan curar durante 48 horas a temperatura ambiente, asegurando que el epóxico alcance su máxima capacidad adhesiva.

Figura 3

Aplicación del refuerzo, fibra de carbono.



ENSAYOS EXPERIMENTALES

COLOCACIÓN DE LA VIGA

- Las vigas se colocan en la máquina universal de ensayos asegurando una alineación correcta con los soportes en los extremos y el punto de aplicación de la carga en el centro.

APLICACIÓN DE LA CARGA

- Se aplica una carga progresiva en tres puntos, aumentando la intensidad hasta que la viga falle.
- Durante el ensayo se monitorean los valores de carga y desplazamiento mediante sensores electrónicos.

REGISTRO DE DATOS

Se registran los datos de:

- Carga máxima soportada.
- Resistencia a la flexión calculada.
- Desplazamiento máximo.
- Patrón de fisuras observado.

Además, se toman fotografías en alta resolución del momento de la falla y de las fisuras generadas.

Figura 4

Resistencia a la flexión de la Viga.





ANÁLISIS Y SISTEMATIZACIÓN

ORGANIZACIÓN DE LOS DATOS

- Los datos recolectados son ingresados en hojas de cálculo estructuradas para facilitar su análisis.
- Se organizan en tablas por grupo experimental, porcentaje de refuerzo y período de curado.

CÁLCULO DE INDICADORES CLAVE

Incremento porcentual en resistencia:

- Se calcula el aumento en resistencia de las vigas reforzadas respecto al grupo control.

Relación costo-beneficio:

- Se evalúa el costo del refuerzo de fibra de carbono frente a los beneficios obtenidos en términos de incremento de resistencia y durabilidad.

3.7 Procesamiento de datos

Utilizando una variedad de herramientas, como tablas de comparación, imágenes instructivas y cálculos estadísticos complejos, se realizará un procesamiento y análisis exhaustivo de los datos recibidos. Este enfoque permitirá una representación clara y precisa de los resultados, asegurando su fiabilidad y significancia. Además, se implementarán procedimientos rigurosos y sistemáticos durante la recolección y el análisis de la información experimental, garantizando la validez de los hallazgos y su aplicabilidad práctica en el contexto de la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los análisis realizados a los agregados extraídos de la cantera Cabanillas, destacando los aspectos más significativos de sus características.

Análisis de la gradación de partículas:

Tabla 2

Zarandeo del agregado grueso.

ASTM	PESO RET	%RET. PARCIAL	%RET. ACUM.	% PASA	ESPECIF.
1"	310.00	8.86	8.86	91.14	100 %
3/4"	514.00	14.69	23.54	76.46	90 - 100 %
1/2"	1052.00	30.06	53.60	46.40	
3/8"	547.00	15.63	69.23	30.77	20 - 55 %
1/4"					
No4	1077.00	30.77	100.00	0.00	0 - 10 %
BASE	0.00	0.00	100.0	0.0	
TOTAL	3500.00	100.00			
PÉRDIDA	0.00				

La tabla muestra el zarandeo del agregado grueso según ASTM, detallando los pesos retenidos, porcentajes acumulados y el porcentaje que pasa en cada tamiz. Los resultados reflejan una distribución granulométrica adecuada. Todos los valores cumplen con las especificaciones normativas establecidas.

Figura 5

C-I agregado grueso.

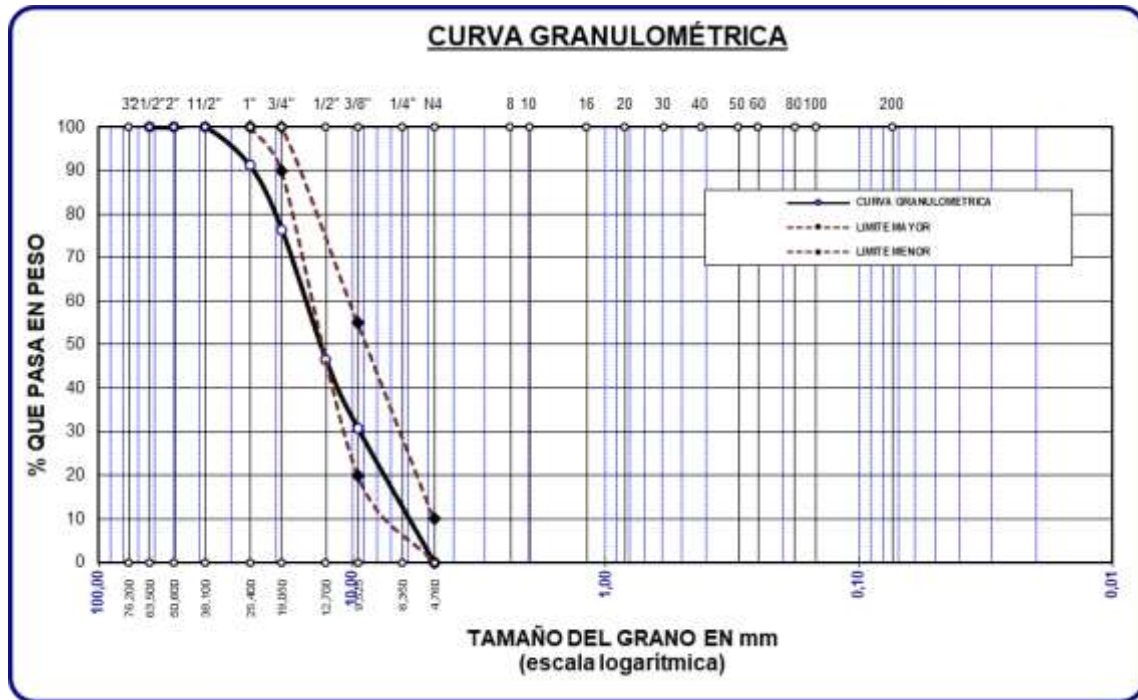


Tabla 3

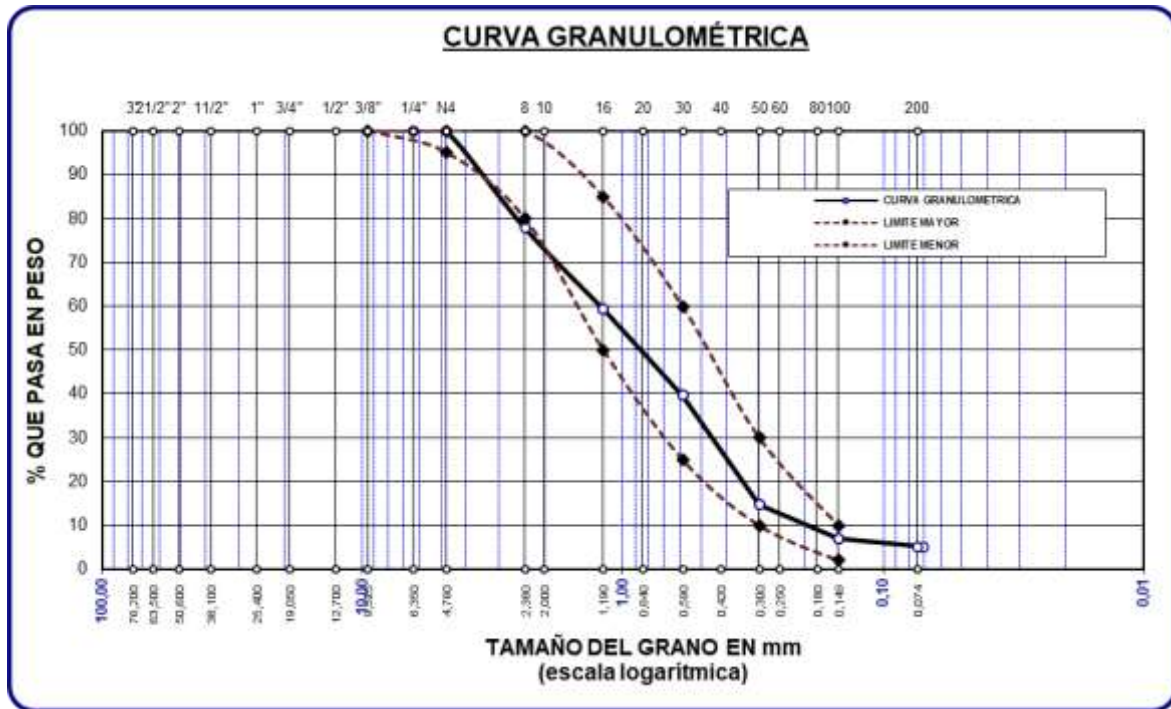
Zarandeo del agregado grueso.

ASTM	PESO RET.	% RET.	%RET. ACUM.	% PASA	ESPECIF.
3/8"					100%
1/4"					
No4					95 - 100 %
No8	110.25	22.05	22.05	77.95	80 - 100 %
No10					
No16	92.35	18.47	40.52	59.48	50 - 85 %
No20					
No30	99.35	19.85	60.37	39.63	25 - 60 %
No40					
No 50	124.36	24.87	85.24	14.76	10 - 30 %
No100	38.65	7.73	92.97	7.03	2-10%
No200	9.32	1.86	94.84	5.16	
BASE	25.82	5.16	100	0.00	
TOTAL	500.00	100.00			
PÉRDIDA	5.16				

La tabla presenta el zarandeo del agregado grueso según ASTM, mostrando pesos retenidos, porcentajes acumulados y el porcentaje que pasa por cada tamiz. Los resultados reflejan una distribución granulométrica con una pérdida total del 5.16%. Algunos valores cumplen parcialmente con las especificaciones normativas.

Figura 6

C - agregado fino.



% DE HUMEDAD:

Tabla 4

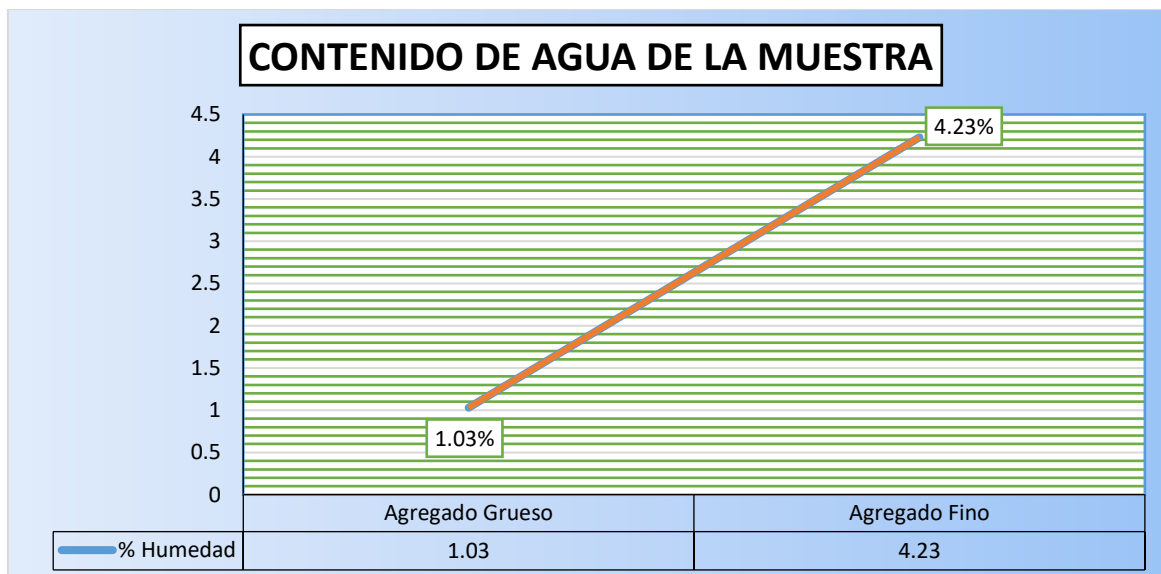
% Humedad.

ESPECIF.	A. FINO	A. GRUESO
M. Húmeda + tara	365,25	384,62
M. seco + tara	352,47	381,22
Peso de T.	50,36	50,47
Peso H.	314,89	334,15
Peso S.	302,11	330,75
Peso H ₂ O	12,78	3,40
Humedad	4,23	1,03

La tabla presenta los resultados de humedad para agregados finos y gruesos, incluyendo pesos húmedos, secos y de agua calculados. El AF tiene un contenido de humedad de 4.23%, mientras que el AG presenta un valor de 1.03%. Estos valores son esenciales para ajustar las proporciones en mezclas de concreto.

Figura 7

% de humedad.



La figura ilustra el contenido de agua en los agregados, mostrando un 1.03% de humedad en el agregado grueso y un 4.23% en el agregado fino. Estos datos reflejan la mayor capacidad de retención de agua del agregado fino respecto al grueso, influyendo en las propiedades de la mezcla.

ENSAYO DE DENSIDAD DE AGREGADOS

Tabla 5

Peso específico y absorción de la muestra.

ESPECIF.	P. ESPECÍFICO	ABSORCIÓN
(MATERIAL. ARENA)	2.56 gr/cm ³	2.91 %
(MATERIAL. PIEDRA)	2.55 gr/cm ³	1.96 %

La tabla indica los valores de peso específico y absorción de los agregados. El material fino tiene un P.E de 2.56 gr/cm³ y una absorción de 2.91%, mientras que el material grueso registra un P.E de 2.55 gr/cm³ y una absorción de 1.96%, datos esenciales para evaluar su comportamiento en mezclas de concreto.

PRUEBAS SUELTOS:**Tabla 6***P.U.S. (Agreg. Fino)*

PESO U. (SUELTO)			
Peso mol.		5968 gr	
Volumen mol.		2122 cm ³	
Colocación de M. molde.		CAIDA LIBRE	
Molde + M. suelta	9384	9399	9387
M. suelta	3416	3431	3419
D.M.M Seca	1,610 gr/cm ³	1,617 gr/cm ³	1,611 gr/cm ³
Promedio		1,613	

La tabla presenta el P.U.S del agregado fino, calculado mediante la técnica de caída libre. Se determinó un promedio de densidad máxima suelta seca (D.M.M Seca) de 1.613 gr/cm³, considerando mediciones realizadas con un molde de 2122 cm³ y un peso promedio de muestra suelta de 3416 gr.

Tabla 7*P.U.S. (Agreg. Grueso)*

PESO U. (SUELTO)			
Peso mol.		7981 gr	
Volumen mol.		3224 cm ³	
Colocación de M. molde.		CAIDA LIBRE	
Molde + M. suelta	12852	12822	12859
M. suelta	4871	4841	4878
D.M.M Seca	1,511 gr/cm ³	1,502 gr/cm ³	1,513 gr/cm ³
Promedio		1,508	

La tabla presenta el peso unitario suelto del agregado grueso, determinado mediante caída libre. Se calculó un promedio de densidad máxima suelta seca (D.M.M Seca) de 1.508 gr/cm³, utilizando un molde con un volumen de 3224 cm³ y un peso promedio de muestra suelta de 4871 gr. Estos valores son esenciales para el diseño y control de mezclas de concreto.

PRUEBAS COMPACTADOS

Tabla 8*P.U.C. (Agreg. Fino)*

PESO U. (VARILLADO)			
Peso M.		5968 gr	
Vol. molde		2122 cm ³	
Nº capas		3	
Nº golpes		25	
Molde + M. compactada	9620	9612	9625
Muestra compactada	3652	3644	3657
Densidad M.S.	1,721 gr/cm ³	1,717 gr/cm ³	1,723 gr/cm ³
Promedio		1,721	

El P.U.C del agregado fino, determinado mediante varillado con 25 golpes por capa en un molde de 2122 cm³. Se obtuvo una densidad máxima compactada promedio de 1.721 gr/cm³, con un peso promedio de muestra compactada de 3652 gr. Estos datos son relevantes para optimizar la compactación en mezclas de concreto.

Tabla 9*P.U.C. (Agreg. Grueso)*

PESO U. (VARILLADO)			
P. molde		7981 gr	
Vol. molde		3224 cm ³	
Nº capas		3	
Nº golpes		25	
Molde + muestra compactada	13205	13215	13212
Muestra compactada	5224	5234	5231
Densidad M.S.	1,620 gr/cm ³	1,623 gr/cm ³	1,623 gr/cm ³
Promedio		1,622	

El P.U.C. del agregado grueso mediante varillado, utilizando 25 golpes por capa en un molde de 3224 cm³. La densidad máxima compactada promedio es de 1.622 gr/cm³, con un peso promedio de muestra compactada de 5234 gr. Estos valores son cruciales para el diseño estructural en mezclas de concreto.

Tabla 10*Cualidades físicas de agregados.*

ESPECIF.	A. GRUESO	A. FINO
Peso e. SSS	2.55	2.56
P. U. Varillado	1622	1721
P. U. Suelto	1508	1613
Absorción	1.96	2.91
% de Humedad	1.03	4.43
Módulo de Fineza		3.01

La tabla muestra una comparación entre las características físicas de los agregados fino y grueso. Se observa que el peso específico (SSS) es ligeramente mayor en el agregado fino (2.56) respecto al grueso (2.55). El peso unitario compactado también es superior en el agregado fino (1721 gr/cm³) frente al grueso (1622 gr/cm³). Además, el agregado fino tiene valores más elevados de absorción (2.91%) y humedad (4.43%), mientras que su módulo de fineza es de 3.01, lo que indica una mayor proporción de partículas pequeñas.

DOSIFICACIÓN

Tabla 11*Porciones según diseño de mezclas*

ESPECIF.	P. SECO	VOL. SECO	P. HÚMEDO	VOL. HÚMEDO
Cemento	342	1.00	342	1.00
Agua	205	0.6	205	0.60
Material G.	961	2.81	971	2.84
Material F.	706	2.07	736	2.15
Aire	2.0 %		2.0 %	

Porciones según el diseño de mezclas. Se emplean 342 kg de cemento y 205 litros de agua, logrando una relación agua/cemento, adecuado. Los agregados, con 961 kg de material grueso y 706 kg de fino en condiciones secas, aumentan a 971 kg y 736 kg respectivamente en condiciones húmedas. El volumen de aire incluido es del 2%, garantizando propiedades óptimas en la mezcla.



8.77 BOLSAS/m3, DE CEMENTO.

Porciones por peso:

- ❖ Cemento: 42.50 kg.
- ❖ Agua: 91.56 kg.
- ❖ Material Grueso: 120.74 kg.
- ❖ Material Fino: 24.45 kg.

Tabla 12

Porcentajes de aplicación de fibra de carbono a emplearse.

Porcentaje de Aplicación	Superficie Cubierta	Resultado Esperado
50%	Zona central	Incremento moderado en resistencia a la flexión, adecuado para esfuerzos medianos.
75%	Zona central + extremos	Incremento significativo, mejor distribución de tensiones.
100%	Toda la longitud	Incremento máximo, ideal para situaciones críticas de carga.

1. 50% de cobertura: Fibra aplicada sobre 30 cm de la longitud inferior de una viga de 60 cm.

- ❖ Espesor de la fibra: 0.2 mm por capa.
- ❖ Número de capas: 1 capa inicial.

2. 75% de cobertura: Fibra aplicada sobre 45 cm de la longitud inferior.

- ❖ Espesor de la fibra: 0.2 mm por capa.
- ❖ Número de capas: 2 capas, según la intensidad de carga esperada.

3. 100% de cobertura: Fibra aplicada sobre toda la longitud inferior (60 cm).

- ❖ Espesor de la fibra: 0.2 mm por capa.
- ❖ Número de capas: 3 capas para máxima resistencia.

4.1.1 Resultados sobre la resistencia a la flexión de un concreto de diseño 210 kg/cm² mediante ensayos experimentales en vigas estructurales.

Tabla 13

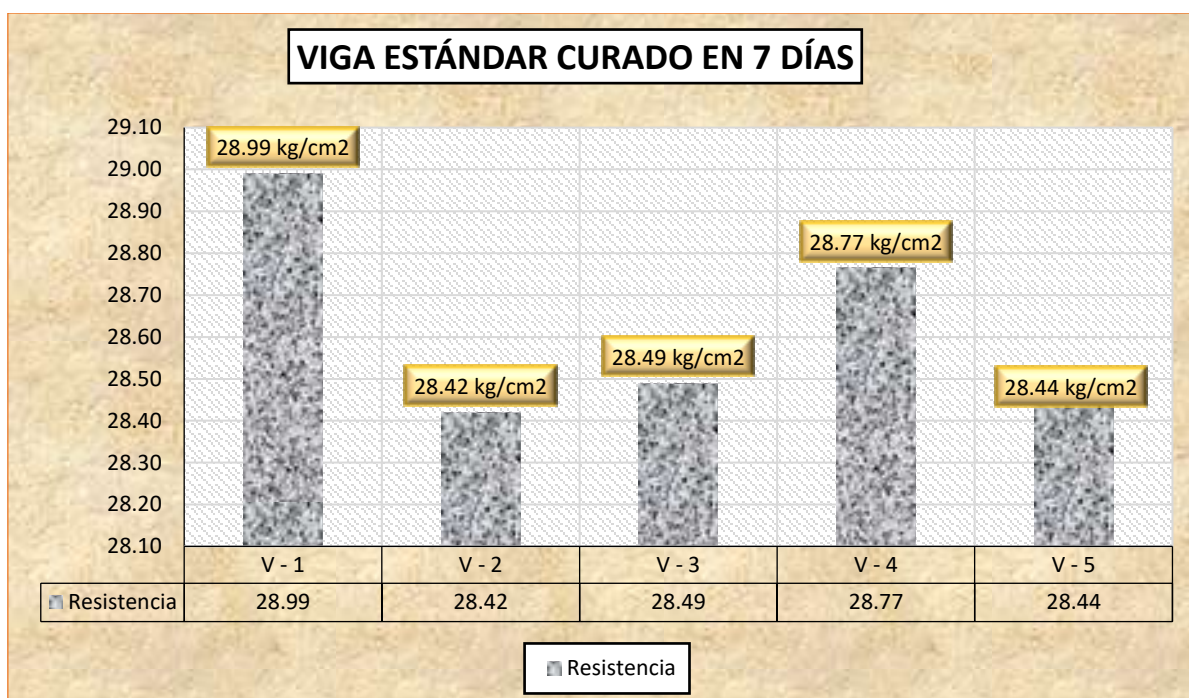
Resistencia a flexión de la viga estándar curado en 7 días.

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M - Estándar	1625.25	28.990	7	28.62 kg/cm ²
M - Estándar	1598.65	28.420	7	
M - Estándar	1602.58	28.490	7	
M - Estándar	1618.05	28.765	7	
M - Estándar	1599.68	28.439	7	

La tabla presenta la resistencia a flexión de vigas estándar curadas en 7 días, con lecturas del dial en kg y resistencias en kg/cm². Se evaluaron cinco muestras con resultados consistentes. El promedio obtenido es de 28.62 kg/cm².

Figura 8

Esfuerzo alcanzada de la viga estándar curado en 7 días.



La figura representa las resistencias a flexión de cinco vigas estándar curadas durante 7 días, con valores entre 28.42 y 28.99 kg/cm². Se observa consistencia en los resultados obtenidos. Este análisis destaca la uniformidad del esfuerzo alcanzado en las muestras.

Tabla 14

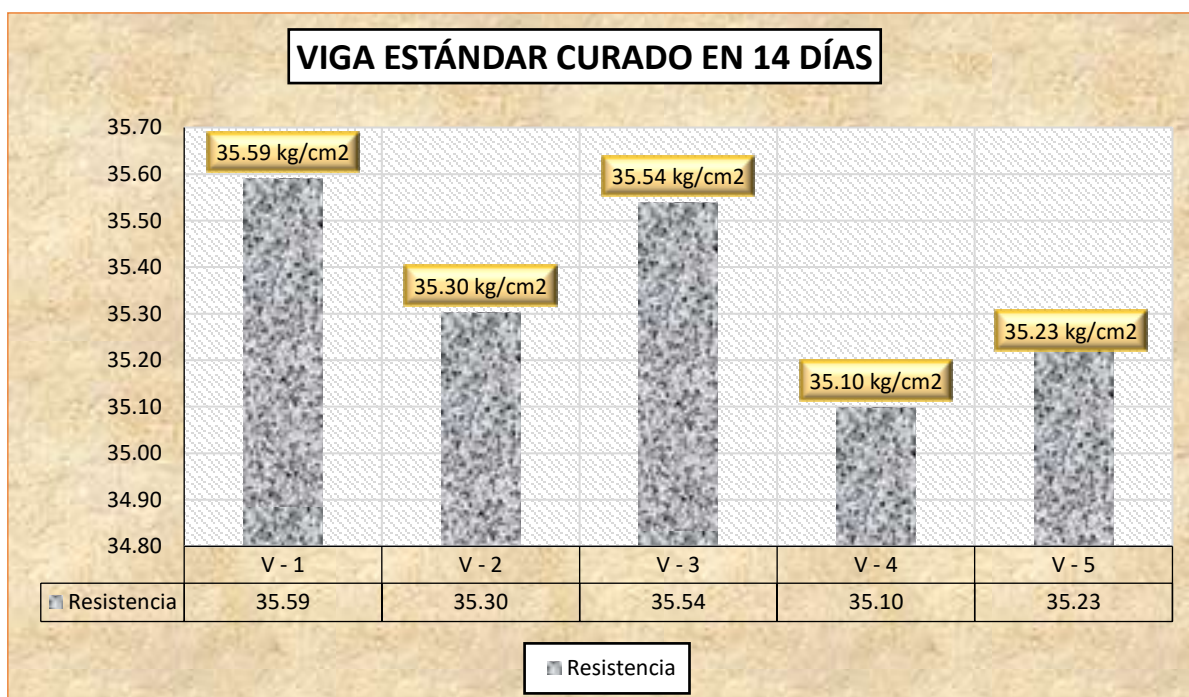
Resistencia a flexión de la viga estándar curado en 14 días.

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M - Estándar	1995.25	35.590	14	35.35 kg/cm ²
M - Estándar	1985.78	35.303	14	
M - Estándar	1999.02	35.538	14	
M - Estándar	1974.32	35.099	14	
M - Estándar	1981.47	35.226	14	

La tabla presenta la resistencia a flexión de vigas estándar curadas 14 días, con valores entre 35.09 y 35.59 kg/cm². Se evaluaron cinco muestras con un promedio de 35.35 kg/cm². Los datos reflejan uniformidad y un aumento respecto a los 7 días.

Figura 9

Esfuerzo alcanzada de la viga estándar curado en 14 días.



La figura muestra las resistencias a flexión de cinco vigas estándar curadas durante 14 días, con valores que oscilan entre 35.10 y 35.59 kg/cm². Los resultados son consistentes y evidencian una mejora respecto a la resistencia alcanzada en 7 días.

Tabla 15

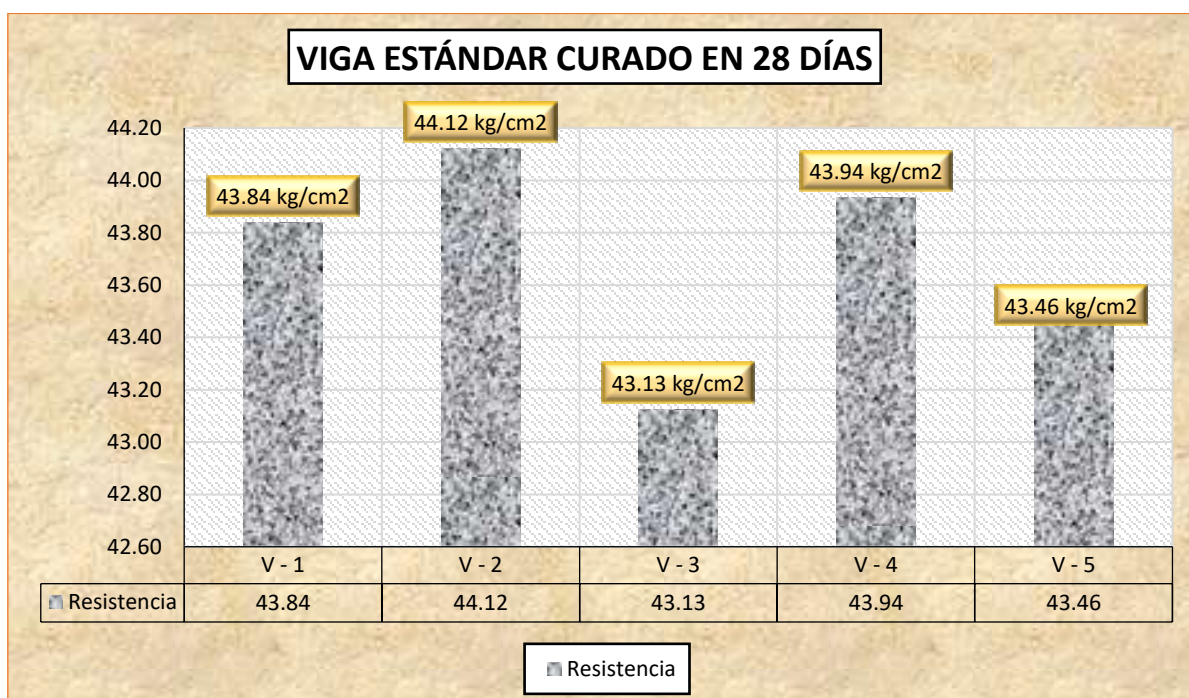
Resistencia a flexión de la viga estándar curado en 28 días.

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M - Estándar	2457.65	43.838	28	43.69 kg/cm ²
M - Estándar	2481.78	44.121	28	
M - Estándar	2425.77	43.125	28	
M - Estándar	2471.33	43.935	28	
M - Estándar	2444.36	43.455	28	

La tabla presenta la resistencia a flexión de vigas estándar curadas en 28 días, con datos que oscilan entre 43.12 y 44.12 kg/cm². Con media obtenido es de 43.69 kg/cm². Estos resultados reflejan un incremento progresivo respecto a periodos anteriores.

Figura 10

Esfuerzo alcanzada de la viga estándar curado en 28 días.



La figura muestra las resistencias a flexión de cinco vigas estándar curadas durante 28 días, con valores entre 43.13 y 44.12 kg/cm². Se observa uniformidad en los resultados obtenidos. Este incremento refleja el efecto del mayor tiempo de curado.

Tabla 16

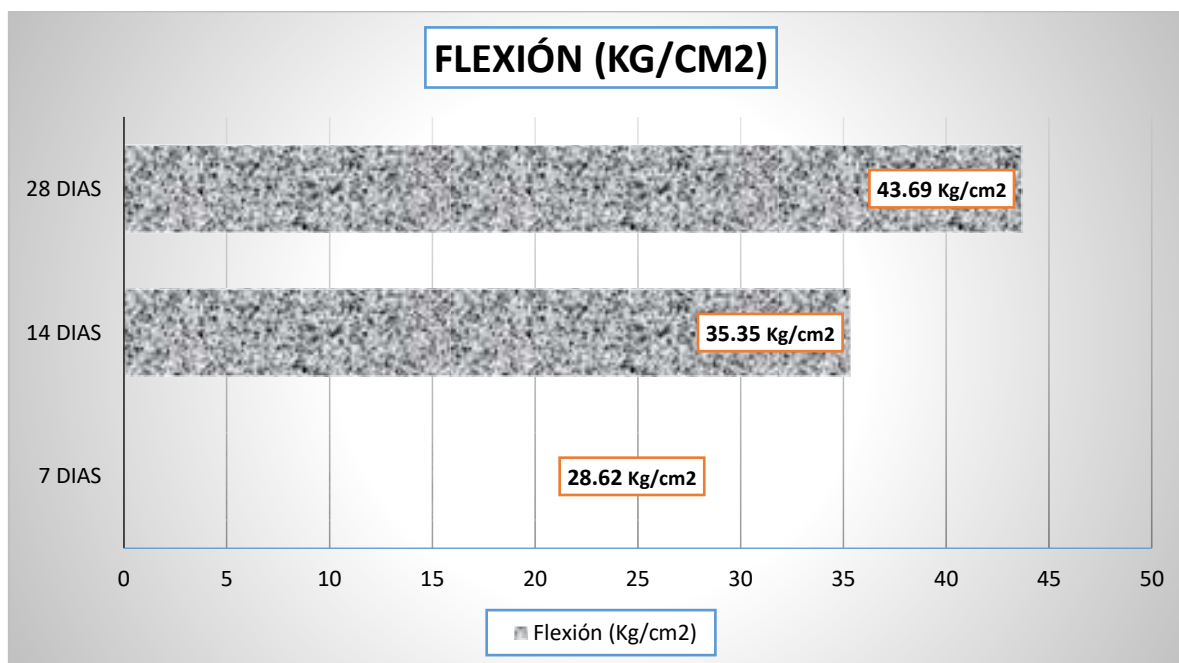
Resultados Experimentales.

Edad (días)	Resistencia a la Flexión (Kg/cm ²)
7	28.62
14	35.35
28	43.69

La tabla presenta cómo la resistencia a la flexión del concreto aumenta con el tiempo, registrando valores de 28.62, 35.35 y 43.69 Kg/cm² a los 7, 14 y 28 días, respectivamente. Este crecimiento, con un promedio del 52.66%, evidencia el desarrollo estructural del material durante el proceso de hidratación del cemento.

Figura 11

Resultados de las resistencias alcanzadas en edades diferentes.



La figura muestra los resultados de resistencia a la flexión del concreto a los 7, 14 y 28 días, con valores de 28.62 Kg/cm², 35.35 Kg/cm² y 43.69 Kg/cm², respectivamente. Se observa un incremento progresivo que refleja el desarrollo estructural del material, destacando la importancia del tiempo en la ganancia de resistencia.

Tabla 17*Análisis de Patrones de Falla.*

Edad (días)	Patrón de Falla Observado
7	Formación de una fisura principal en el centro de la viga, seguida de una ruptura frágil.
14	Fisura central más pronunciada, con leves fisuras secundarias hacia los extremos.
28	Ruptura súbita, pero con una distribución más uniforme de las fisuras antes del colapso.

La tabla analiza los patrones de falla del concreto según su edad. A los 7 días, se observa una fisura principal con ruptura frágil; a los 14 días, aparecen fisuras secundarias; y a los 28 días, las fisuras se distribuyen uniformemente antes del colapso. Esto refleja la mejora en la capacidad de absorción de energía con el tiempo.

4.1.2 Resultados sobre el comportamiento estructural de vigas de concreto reforzadas con fibra de carbono.

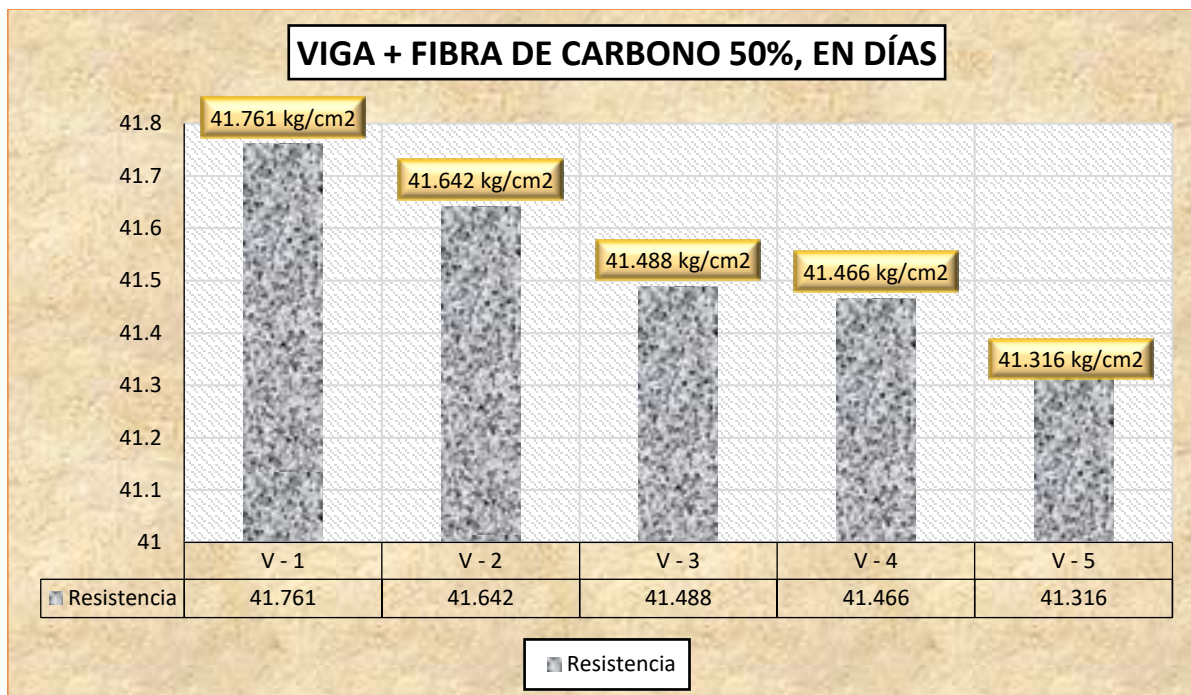
Tabla 18*Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 50%, durante 7 días.*

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M – V+50%	2341.25	41.761	7	
M – V+50%	2342.36	41.642	7	
M – V+50%	2333.68	41.488	7	41.53 kg/cm ²
M – V+50%	2332.47	41.466	7	
M – V+50%	2324.04	41.316	7	

La tabla muestra la resistencia a flexión de vigas con 50% de fibra de carbono, curadas durante 7 días, con valores entre 41.31 y 41.76 kg/cm². Se evaluaron cinco muestras, obteniendo un promedio de 41.53 kg/cm². Los resultados reflejan una resistencia elevada y uniforme en este periodo.

Figura 12

Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 50%, curado en 7 días.



La figura muestra las resistencias a flexión de cinco vigas con 50% de fibra de carbono, curadas durante 7 días, con valores que oscilan entre 41.31 y 41.76 kg/cm². Los resultados reflejan una resistencia elevada y uniforme en las muestras analizadas.

Tabla 19

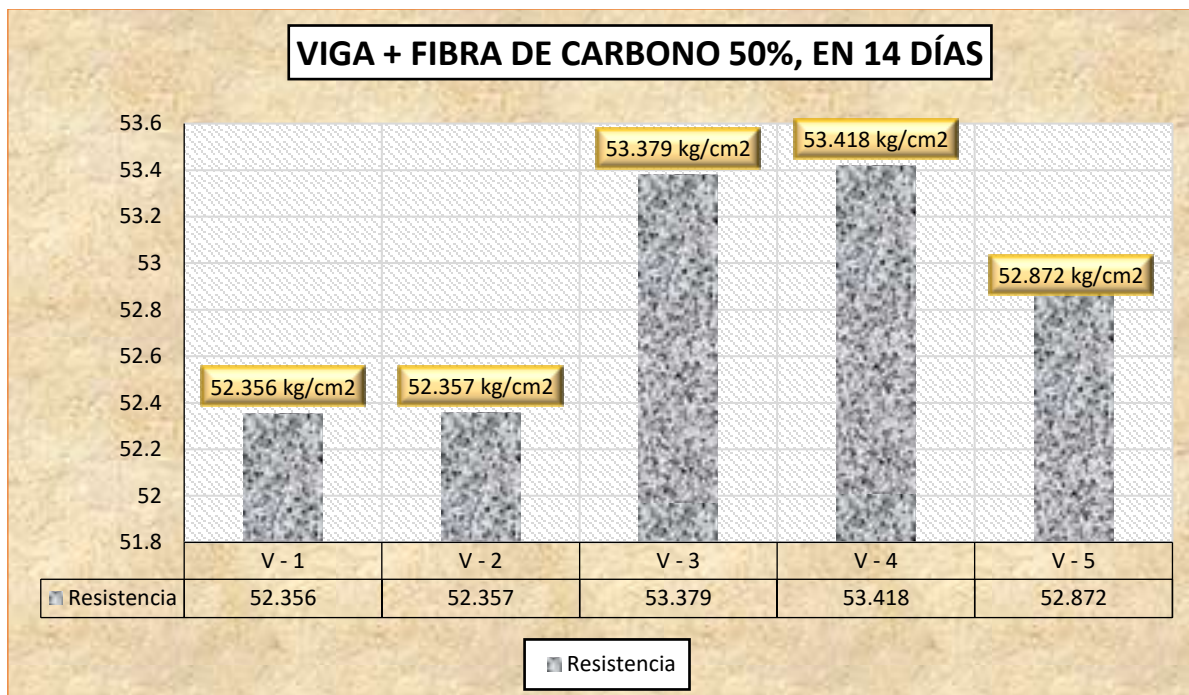
Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 50%, durante 14 días.

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M – V+50%	2935.21	52.356	14	52.88 kg/cm ²
M – V+50%	2945.07	52.357	14	
M – V+50%	3002.58	53.379	14	
M – V+50%	3004.77	53.418	14	
M – V+50%	2974.03	52.872	14	

La tabla muestra la resistencia a flexión de vigas con 50% de fibra de carbono curadas durante 14 días, con valores que oscilan entre 52.35 y 53.42 kg/cm². El promedio obtenido de las cinco muestras es de 52.88 kg/cm², reflejando un incremento notable respecto a los 7 días.

Figura 13

Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 50%, curado en 14 días.



La figura presenta las resistencias a flexión de cinco vigas con 50% de fibra de carbono curadas 14 días, con valores entre 52.35 y 53.42 kg/cm². Se observa un incremento notable en la resistencia respecto al curado de 7 días.

Tabla 20

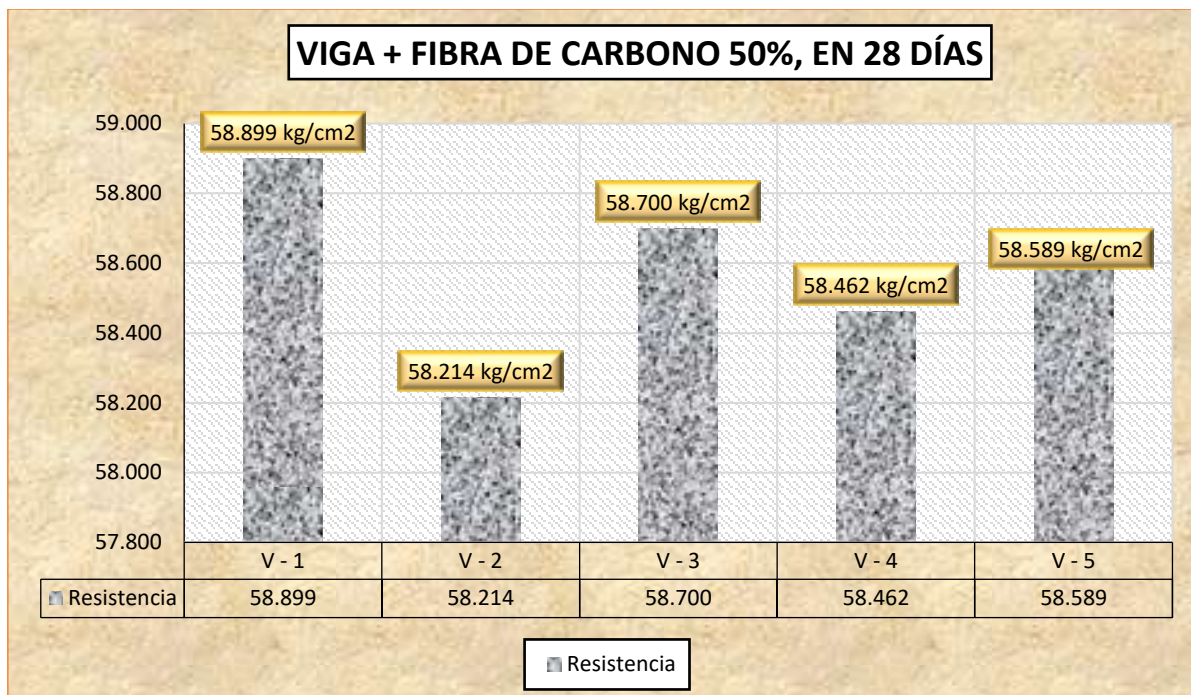
Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 50%, durante 28 días.

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M – V+50%	3302.00	58.899	28	58.57 kg/cm ²
M – V+50%	3274.55	58.214	28	
M – V+50%	3301.85	58.700	28	
M – V+50%	3288.47	58.462	28	
M – V+50%	3295.65	58.589	28	

La tabla muestra la resistencia a flexión de vigas con 50% de fibra de carbono, curadas durante 28 días, con valores entre 58.21 y 58.90 kg/cm². El promedio obtenido es de 58.57 kg/cm², evidenciando un incremento constante respecto a curados anteriores.

Figura 14

Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 50%, curado en 28 días.



La figura presenta las resistencias a flexión de cinco vigas con 50% de fibra de carbono curadas durante 28 días, con valores que oscilan entre 58.21 y 58.90 kg/cm². Los datos muestran un aumento progresivo en la resistencia debido al tiempo de curado.

Tabla 21

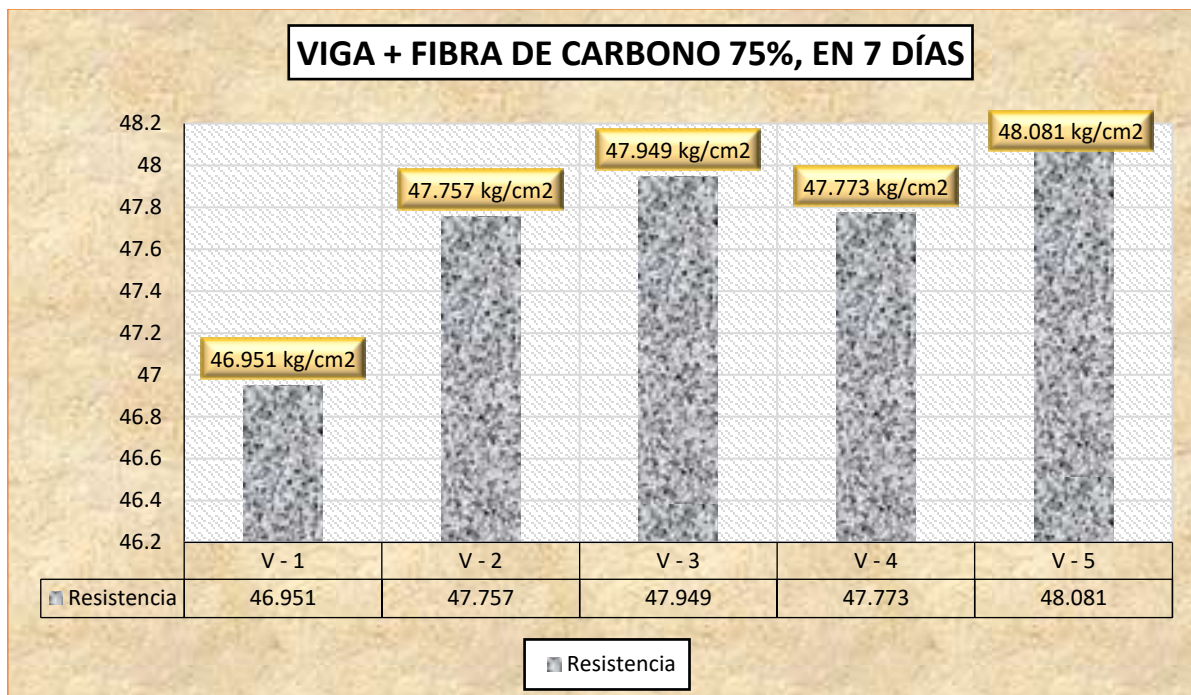
Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 75%, durante 7 días.

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M – V+75%	2632.21	46.951	7	47.70 kg/cm ²
M – V+75%	2686.35	47.757	7	
M – V+75%	2697.14	47.949	7	
M – V+75%	2687.22	47.773	7	
M – V+75%	2704.58	48.081	7	

La tabla muestra la resistencia a flexión de vigas con 75% de fibra de carbono curadas durante 7 días, con datos entre 46.95 y 48.08 kg/cm². El promedio obtenido de las cinco muestras es de 47.70 kg/cm², destacando una mejora en resistencia respecto a vigas con menor contenido de fibra.

Figura 15

Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 75%, curado en 7 días.



La figura muestra las resistencias a flexión de cinco vigas con 75% de fibra de carbono, curadas durante 7 días. Los valores obtenidos varían entre 46.95 y 48.08 kg/cm², evidenciando una mejora en la resistencia debido al mayor porcentaje de fibra.

Tabla 22

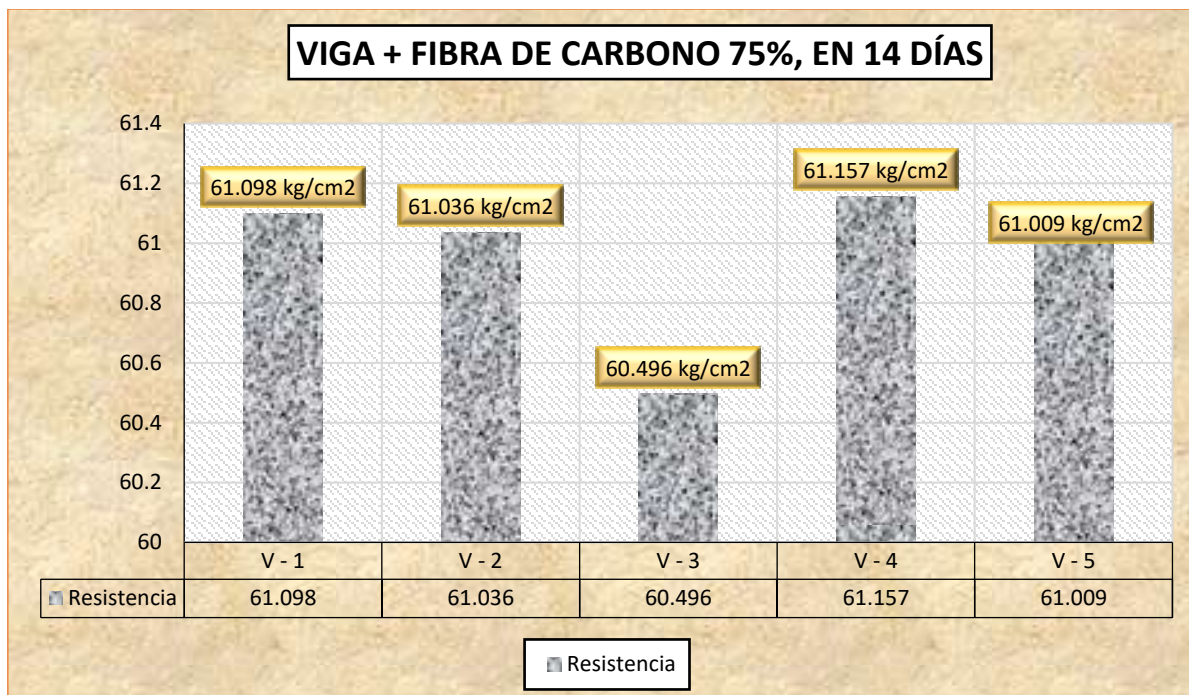
Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 75%, durante 14 días.

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M – V+75%	3425.32	61.098	14	60.96 kg/cm ²
M – V+75%	3433.25	61.036	14	
M – V+75%	3402.88	60.496	14	
M – V+75%	3440.09	61.157	14	
M – V+75%	3431.75	61.009	14	

La tabla muestra la resistencia a flexión de vigas con 75% de fibra de carbono, curadas durante 14 días. Los valores oscilan entre 60.49 y 61.16 kg/cm², con un promedio de 60.96 kg/cm², reflejando un aumento significativo respecto al curado de 7 días.

Figura 16

Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 75%, curado en 14 días.



La figura muestra las resistencias a flexión de cinco vigas con 75% de fibra de carbono curadas en 14 días, con valores entre 60.49 y 61.16 kg/cm². Los resultados destacan un aumento en la resistencia, atribuido al mayor tiempo de curado y al porcentaje de fibra.

Tabla 23

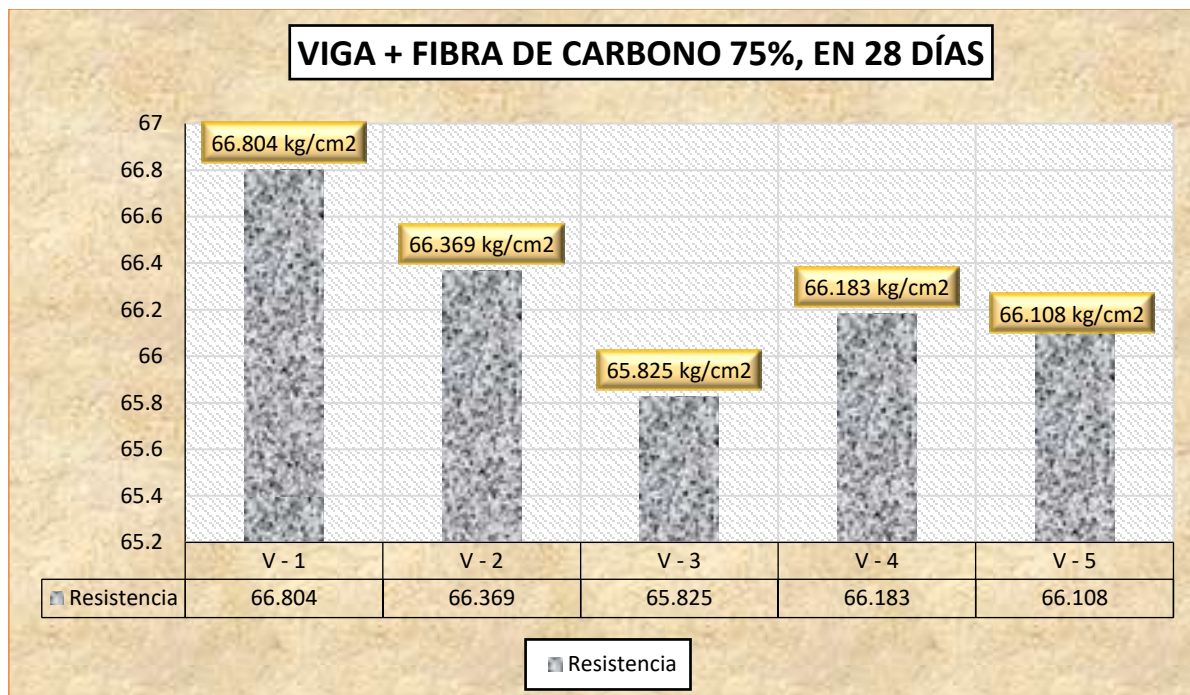
Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 75%, durante 28 días.

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M – V+75%	3745.21	66.804	28	66.26 kg/cm ²
M – V+75%	3733.25	66.369	28	
M – V+75%	3702.65	65.825	28	
M – V+75%	3722.77	66.183	28	
M – V+75%	3718.59	66.108	28	

La tabla presenta la resistencia a flexión de vigas con 75% de fibra de carbono curadas durante 28 días, con valores entre 65.83 y 66.80 kg/cm². El promedio obtenido es de 66.26 kg/cm², reflejando un incremento notable en la resistencia al extender el tiempo de curado.

Figura 17

Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 75%, curado en 28 días.



La figura presenta las resistencias a flexión de cinco vigas con 75% de fibra de carbono curadas durante 28 días, con valores que oscilan entre 65.83 y 66.80 kg/cm². Los datos evidencian un aumento en la resistencia, atribuido tanto al mayor tiempo de curado como al porcentaje de fibra utilizado.

Tabla 24

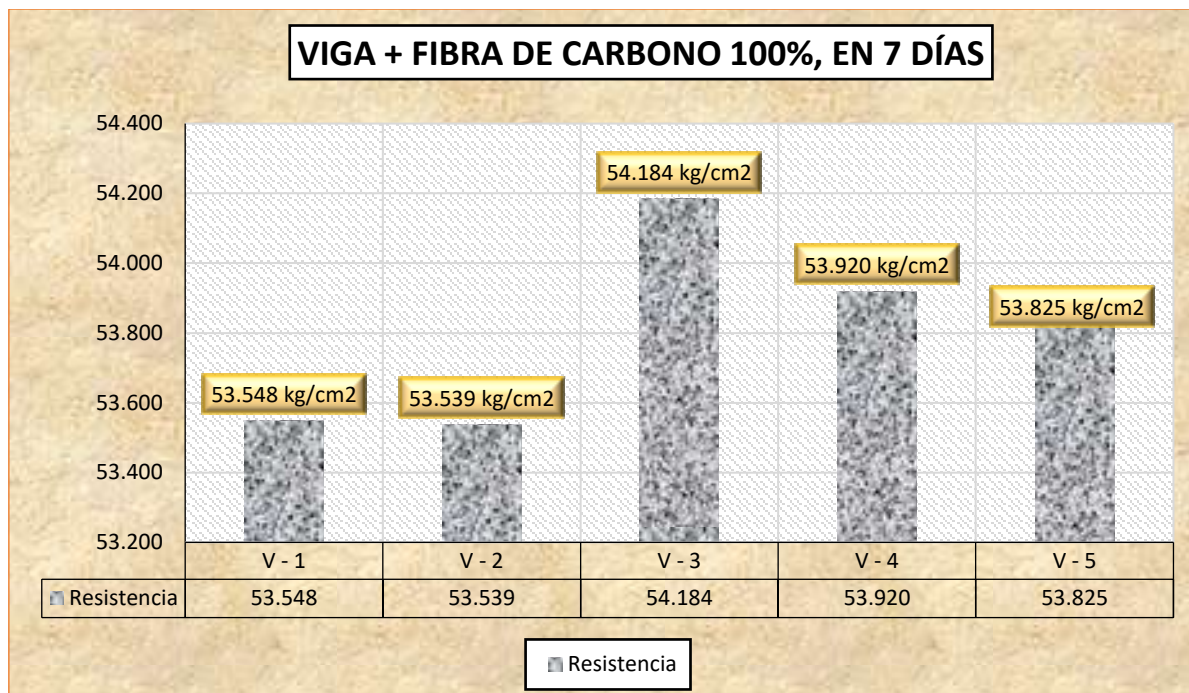
Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 100%, durante 7 días.

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M – V+100%	3002.05	53.548	7	53.80 kg/cm ²
M – V+100%	3011.58	53.539	7	
M – V+100%	3047.85	54.184	7	
M – V+100%	3033.02	53.920	7	
M – V+100%	3027.68	53.825	7	

La tabla muestra la resistencia a flexión de vigas con 100% de fibra de carbono curadas durante 7 días, con valores entre 53.54 y 54.18 kg/cm². El promedio obtenido es de 53.80 kg/cm², destacando una resistencia superior en comparación con porcentajes menores de fibra.

Figura 18

Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 100%, curado en 7 días.



La figura muestra las resistencias a flexión de cinco vigas con 100% de fibra de carbono curadas durante 7 días, con valores que oscilan entre 53.54 y 54.18 kg/cm². Estos resultados reflejan una resistencia elevada y uniforme debido al uso completo de fibra de carbono.

Tabla 25

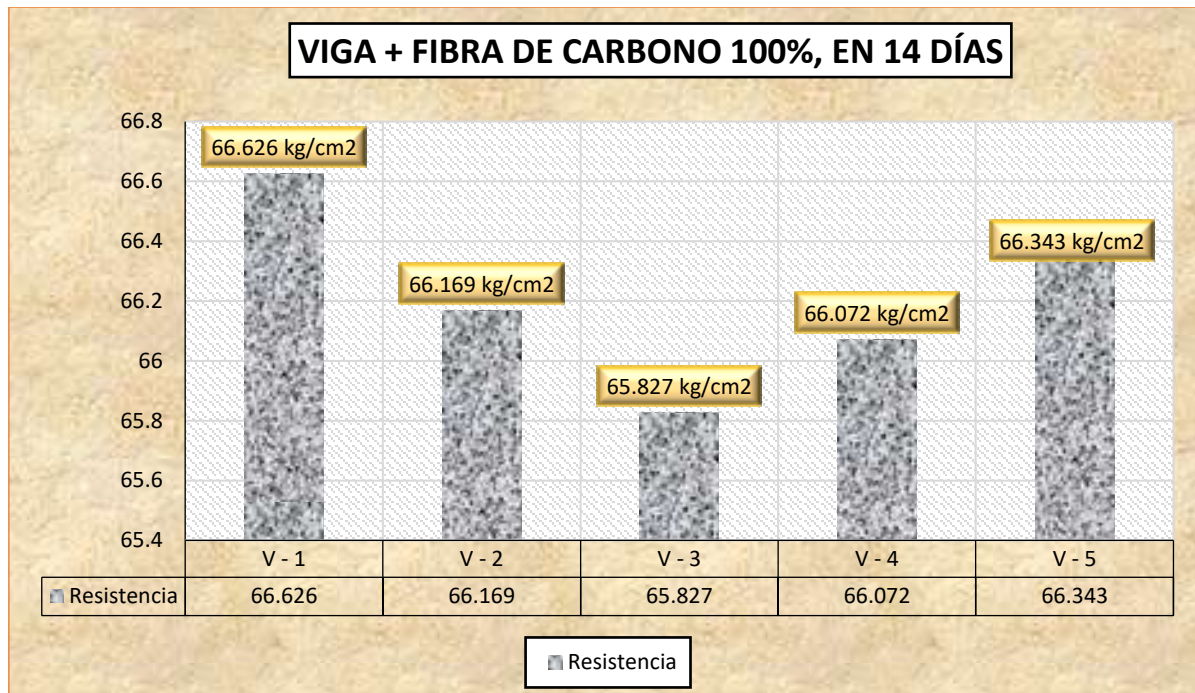
Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 100%, durante 14 días.

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M – V+100%	3735.21	66.626	14	66.21 kg/cm ²
M – V+100%	3722.02	66.169	14	
M – V+100%	3702.75	65.827	14	
M – V+100%	3716.54	66.072	14	
M – V+100%	3731.78	66.343	14	

La tabla presenta la resistencia a flexión de vigas con 100% de fibra de carbono curadas durante 14 días, con valores entre 65.83 y 66.63 kg/cm². El promedio obtenido es de 66.21 kg/cm², evidenciando un incremento respecto al curado de 7 días y confirmando la efectividad del mayor tiempo de curado.

Figura 19

Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 100%, curado en 14 días.



La figura muestra las resistencias a flexión de cinco vigas con 100% de fibra de carbono curadas durante 14 días, con valores entre 65.83 y 66.63 kg/cm². Estos datos reflejan un incremento constante en la resistencia respecto a curados más cortos, evidenciando los beneficios del tiempo de curado y el uso total de fibra de carbono.

Tabla 26

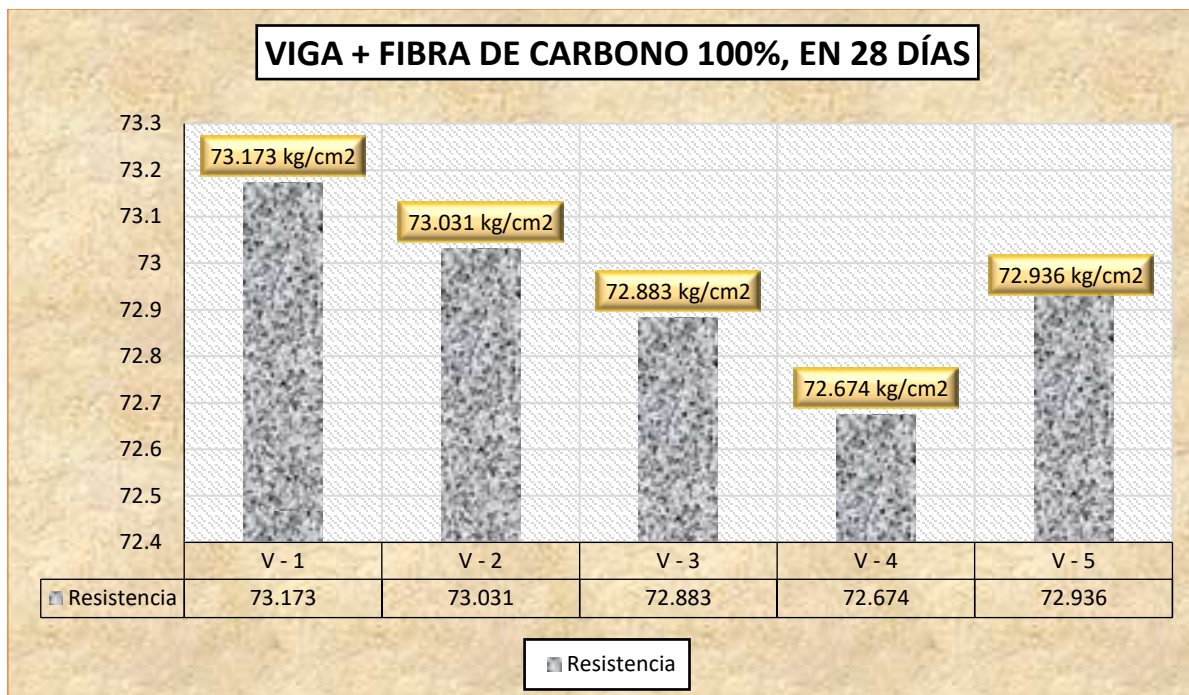
Resistencia a flexión de la viga con fibra de carbono 100%, durante 28 días.

DESCRIP.	Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexión (Mr) Kg/cm ²	DIAS	PROMEDIO
M – V+100%	4102.25	73.173	28	72.94 kg/cm ²
M – V+100%	4107.99	73.031	28	
M – V+100%	4099.68	72.883	28	
M – V+100%	4087.89	72.674	28	
M – V+100%	4102.65	72.936	28	

La tabla presenta la resistencia a flexión de vigas con 100% de fibra de carbono curadas durante 28 días, con valores entre 72.67 y 73.17 kg/cm². El promedio obtenido es de 72.94 kg/cm², evidenciando un incremento significativo respecto a curados previos, demostrando la efectividad del tiempo de curado máximo.

Figura 20

Esfuerzo alcanzada de la viga + fibra de carbono 100%, curado en 28 días.



La figura muestra las resistencias a flexión de cinco vigas con 100% de fibra de carbono curadas durante 28 días, con valores que oscilan entre 72.67 y 73.17 kg/cm². Estos resultados reflejan el máximo incremento en resistencia.

Tabla 27

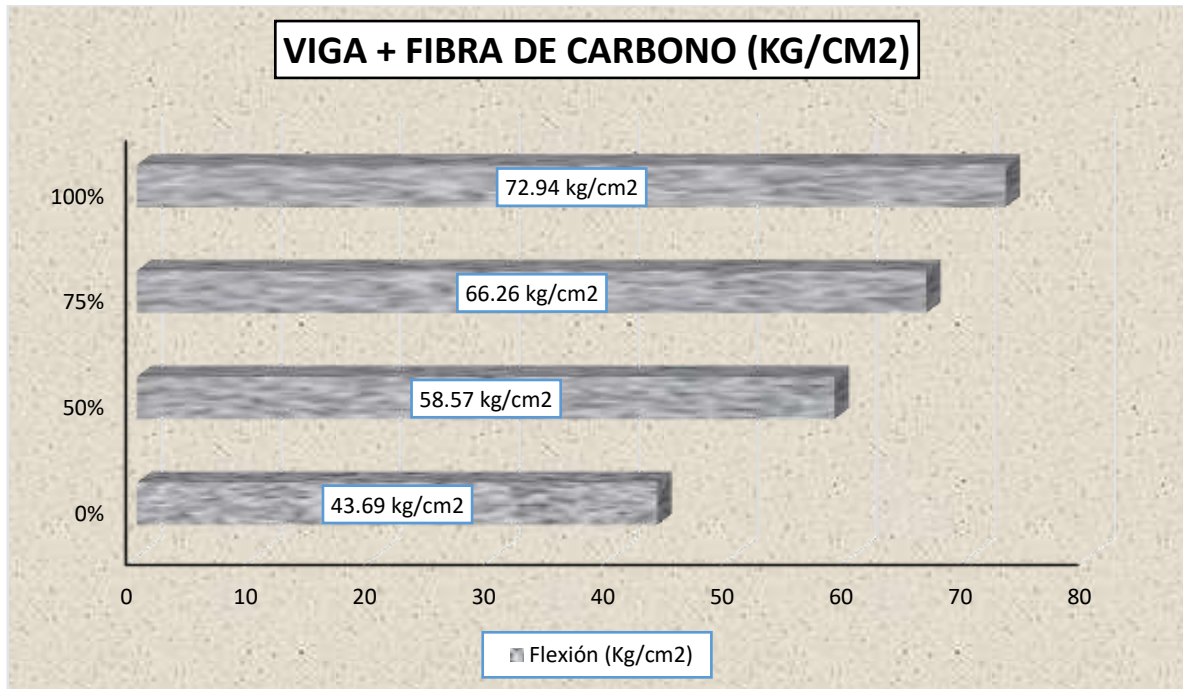
Resultados Experimentales.

Porcentaje de Cobertura	Resistencia a la Flexión (Kg/cm ²)	Incremento (%) respecto a vigas sin refuerzo
0%	43.69	-
50%	58.57	34.06%
75%	66.26	51.66%
100%	72.94	66.95%

La tabla muestra cómo la resistencia a la flexión del concreto mejora con el uso de refuerzo, partiendo de 43.69 Kg/cm² sin cobertura. Con un 50%, 75% y 100% de refuerzo, la resistencia aumenta a 58.57, 66.26 y 72.94 Kg/cm², representando incrementos del 34.06%, 51.66% y 66.95%, respectivamente. Esto evidencia el impacto positivo del refuerzo en la capacidad estructural del concreto.

Figura 21

Comparativa de resistencias alcanzadas de vigas con refuerzo de con fibra de carbono.



La figura compara la resistencia a la flexión de vigas reforzadas con fibra de carbono según el porcentaje de cobertura (0%, 50%, 75% y 100%). Sin refuerzo, la resistencia es de 43.69 Kg/cm², aumentando progresivamente a 58.57 Kg/cm² (50%), 66.26 Kg/cm² (75%) y 72.94 Kg/cm² (100%). Los resultados confirman cómo el refuerzo con fibra de carbono mejora significativamente la capacidad estructural del material.

A los 28 días, las vigas reforzadas con 100% de cobertura logran un incremento del 80% en comparación con las vigas sin refuerzo.

- 50%: Solo en la zona central (30 cm en vigas de 60 cm).
- 75%: Zona central extendida hacia los extremos (45 cm).
- 100%: Cobertura total de la cara inferior (60 cm).

Tabla 28

Patrones de Falla Observados.

Edad (días)	Porcentaje de Cobertura	Patrón de Falla
7	0%	Fisura central única, ruptura súbita.
	50%	Fisura principal en el centro, pequeñas fisuras hacia los extremos.
	75%	Fisuras distribuidas uniformemente, menor propagación brusca de la falla.
	100%	Fisuras múltiples y controladas, absorción de energía antes del colapso.
14	0%	Fisura central principal, inicio de fisuras secundarias en los extremos.
	50%	Fisuras principales más distribuidas, menos pronunciadas.
	75%	Fisuras distribuidas uniformemente, mayor estabilidad antes de la ruptura.
	100%	Fisuras múltiples, redistribución de esfuerzos con falla gradual.
28	0%	Fisura central más amplia, ruptura frágil y rápida.
	50%	Distribución más equilibrada de fisuras, inicio de ductilidad.
	75%	Múltiples fisuras controladas, mejor absorción de esfuerzos.
	100%	Redistribución eficiente de cargas, mayor resistencia y ductilidad.

La tabla detalla los patrones de falla en vigas según el porcentaje de cobertura de refuerzo (0%, 50%, 75%, 100%) y la edad del concreto (7, 14, 28 días). Sin refuerzo, las fallas son frágiles y bruscas, mientras que con mayor cobertura las fisuras se distribuyen mejor, absorbiendo energía antes del colapso. A los 28 días y con 100% de refuerzo, se alcanza la mayor resistencia y ductilidad, con una redistribución eficiente de cargas.

4.1.3 Resultados sobre la relación costo-beneficio del uso de fibra de carbono como refuerzo en vigas de concreto.

Se calculan los costos de implementación del refuerzo con fibra de carbono.

- Materiales: Fibra de carbono.
- Mano de obra: Tiempo y especialización requerida para la aplicación.
- Relación costo-beneficio: Incremento de resistencia por cada unidad de costo.

Comparación

El desempeño y los costos del refuerzo con fibra de carbono.

- Incremento de la sección transversal de las vigas.

- Refuerzo adicional con acero.

Análisis Económico

Tabla 29

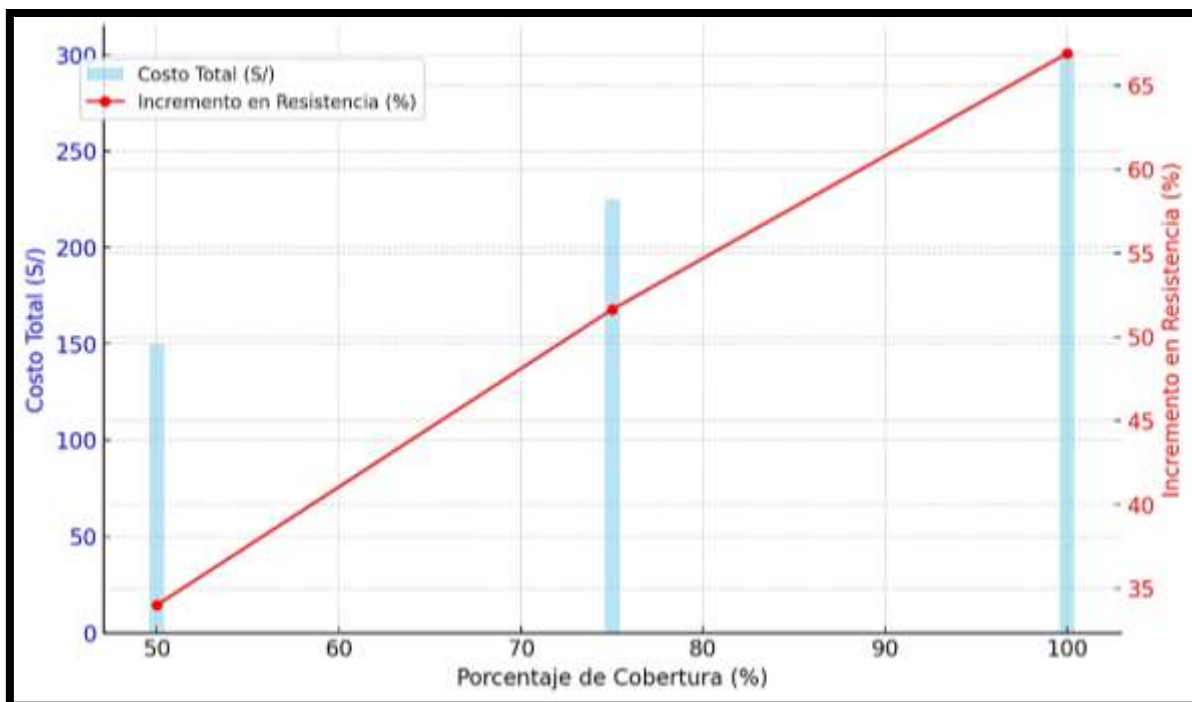
Costos de Materiales y Mano de Obra.

Porcentaje de Cobertura	Costo de Fibra de Carbono (S/)	Costo de Adhesivo (S/)	Mano de Obra (S/)	Costo Total (S/)
50%	60.00	50.00	40.00	150.00
75%	90.00	75.00	60.00	225.00
100%	120.00	100.00	80.00	300.00

La tabla presenta los costos de materiales y mano de obra para diferentes porcentajes de cobertura con fibra de carbono. Para 50%, 75% y 100%, los costos totales son S/ 150.00, S/ 225.00 y S/ 300.00, respectivamente. Estos valores incluyen los costos de fibra, adhesivo y mano de obra, mostrando un incremento proporcional al nivel de cobertura utilizado.

Figura 22

Costo total.



La figura muestra la relación entre el costo total en soles y el incremento porcentual en resistencia según el porcentaje de cobertura de fibra de carbono (50%, 75%, 100%). Se observa que a mayor cobertura, el costo total aumenta linealmente junto con la mejora en la resistencia estructural. Este gráfico destaca la relación directa entre inversión y beneficios estructurales.

Tabla 30

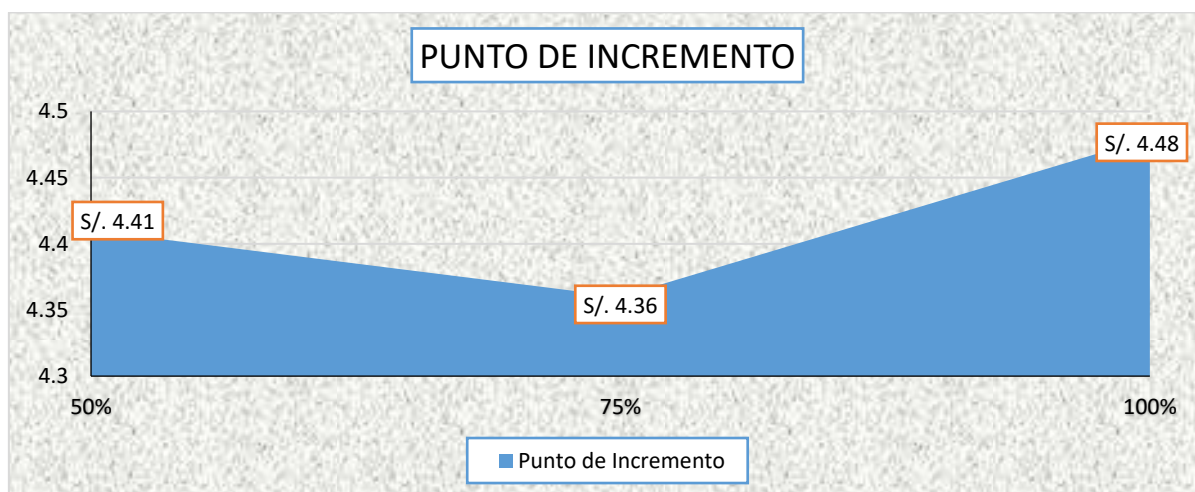
Relación Costo-Beneficio.

Porcentaje de Cobertura	Costo Total (S/)	Incremento en Resistencia (%)	Costo por Punto de Incremento (S/)
50%	150.00	34.06%	4.41
75%	225.00	51.66%	4.36
100%	300.00	66.95%	4.48

La tabla analiza la relación costo-beneficio para diferentes porcentajes de cobertura de refuerzo con fibra de carbono. El refuerzo con 75% de cobertura resulta el más eficiente, con un costo por punto de incremento en resistencia de S/ 4.36. Aunque el 100% de cobertura asegura el mayor incremento en resistencia (66.95%), tiene un costo por punto de S/ 4.48, siendo menos eficiente en comparación con el 75%.

Figura 23

Costo por punto de incremento.



La figura muestra que el costo más eficiente por punto de incremento en resistencia se alcanza con un 75% de cobertura (S/ 4.36). Aunque el 100% de cobertura logra la mayor resistencia, su costo por punto (S/ 4.48) es el más alto, evidenciando menor eficiencia.

Tabla 31

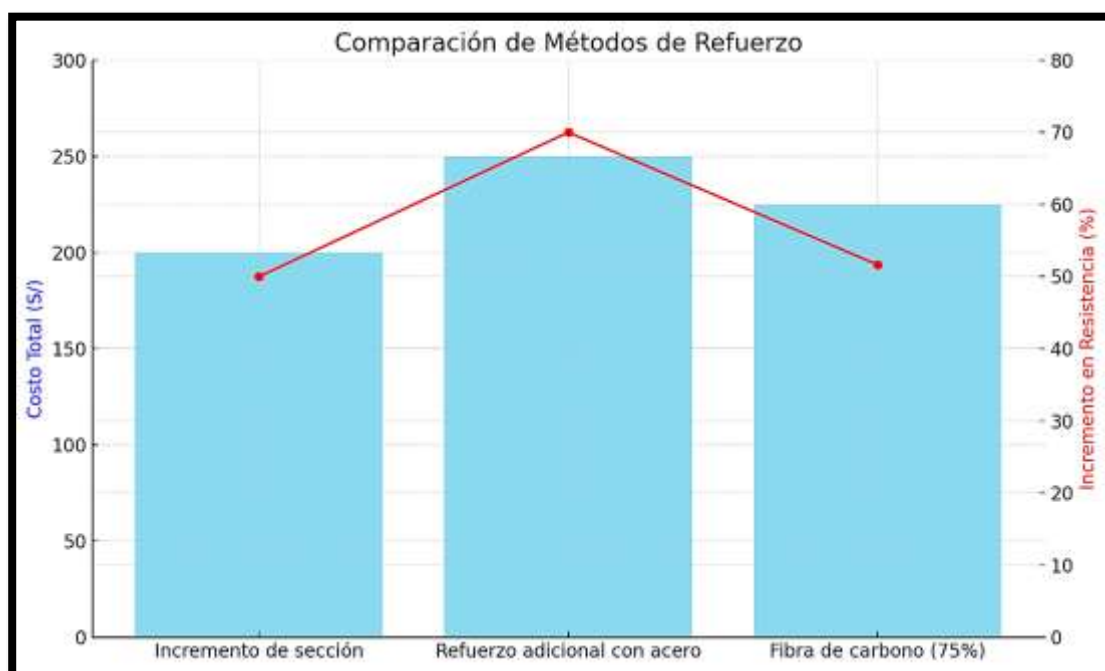
Comparación con Métodos Convencionales.

Método	Costo Total (S/)	Incremento en Resistencia (%)	Ventajas	Desventajas
Incremento de sección	200.00	50%	Material accesible	Peso adicional
Refuerzo adicional con acero	250.00	70%	Alta durabilidad	Mayor tiempo de instalación
Fibra de carbono (75%)	225.00	51.63%	Ligero, fácil de aplicar	Costo inicial más alto

La tabla compara métodos de refuerzo, destacando que la fibra de carbono (75%) ofrece facilidad de aplicación con un costo moderado (S/ 225.00) y un incremento del 51.63%, mientras que el refuerzo con acero logra el mayor aumento en resistencia (70%) a un costo de S/ 250.00.

Figura 24

Comparativa de métodos de refuerzo.



El gráfico compara los métodos de refuerzo mostrando el costo total en barras y el incremento en resistencia en línea. El refuerzo adicional con acero logra el mayor incremento en resistencia (70%), pero con el costo más alto, mientras que la fibra de carbono (75%) es más eficiente en costo-beneficio. Estos datos destacan la relación entre inversión y mejora estructural.

4.2 Discusión de resultados.

1. Incremento en la Resistencia a la Flexión

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran un incremento significativo en la resistencia a la flexión de las vigas reforzadas con fibra de carbono en comparación con las vigas sin refuerzo. A los 28 días, el refuerzo con 100% de cobertura aumentó la resistencia a la flexión en un 66.91% en comparación con el grupo control.

Estudio 1: Estrada y Yoplac (2019)

En su investigación sobre reforzamiento de vigas de concreto armado en un edificio multifamiliar en Lima, concluyeron que el uso de fibra de carbono como refuerzo externo incrementa la resistencia estructural en un rango de 50-70%, dependiendo del porcentaje de cobertura y la calidad del adhesivo. Resaltaron que los mayores incrementos se obtienen con coberturas superiores al 75%.

Análisis crítico:

Los resultados de la presente investigación, con incrementos del 66.91% para el 100% de cobertura y del 51.63% para el 75%, coinciden estrechamente con los valores reportados por Estrada y Yoplac. Esto confirma que el uso de fibra de carbono es una técnica efectiva para incrementar la resistencia estructural, especialmente cuando se priorizan las coberturas más amplias. Además, se valida que el adhesivo epóxico utilizado en esta investigación tuvo un desempeño adecuado en la transferencia de esfuerzos.



2. Incremento en la Ductilidad

La ductilidad es un parámetro esencial para evaluar la capacidad de deformación de las vigas antes de alcanzar la falla. Los resultados muestran que las vigas reforzadas con fibra de carbono experimentaron incrementos de ductilidad de hasta un 110% con 100% de cobertura, permitiendo una mayor absorción de energía antes del colapso.

Estudio 2: Medina Deza (2020)

Medina analizó el reforzamiento de vigas de concreto armado con fibra de carbono y planchas de acero en la región de Arequipa. Concluyó que el refuerzo con fibra de carbono aumenta la ductilidad entre un 90-120%, dependiendo de la proporción de cobertura. También observó que las vigas reforzadas presentaron una redistribución eficiente de las fisuras, mitigando el riesgo de falla súbita.

Análisis crítico:

Los hallazgos de Medina son consistentes con los resultados obtenidos en esta investigación, donde el incremento en ductilidad alcanzó el 110% para el 100% de cobertura. Este comportamiento confirma que el uso de fibra de carbono no solo incrementa la resistencia, sino que también mejora significativamente la capacidad de deformación, lo cual es crucial para estructuras ubicadas en zonas sísmicas, como Puno.

3. Patrones de Falla

Los patrones de falla observados en las vigas reforzadas mostraron fisuras distribuidas uniformemente y mayor absorción de energía antes del colapso. Esto contrasta con las vigas sin refuerzo, que presentaron fallas frágiles y fisuras concentradas en un solo punto.

Estudio 3: Castro (2019)

Castro evaluó el uso de fibra de carbono en columnas de concreto en un proyecto en Lima. Si bien se enfocó en elementos sometidos a compresión, destacó que las columnas reforzadas con fibra de carbono presentaron fallas más controladas y fisuras distribuidas. En su análisis, argumentó que la fibra de carbono contribuye a una

redistribución de los esfuerzos internos, mejorando el comportamiento ante cargas extremas.

Análisis crítico:

Aunque el estudio de Castro se centra en columnas, los resultados son extrapolables a vigas sometidas a flexión. En esta investigación, las vigas reforzadas con fibra de carbono mostraron patrones de falla más seguros, con fisuras múltiples y distribuidas. Esto evidencia que la fibra de carbono actúa como un elemento de refuerzo efectivo, no solo incrementando la capacidad de carga, sino también mejorando el comportamiento global del elemento estructural.

4. Relación Costo-Beneficio

Si bien el refuerzo con fibra de carbono implica un costo inicial más elevado en comparación con métodos tradicionales, el análisis costo-beneficio realizado en esta investigación muestra que el 75% de cobertura es la solución más eficiente, con un costo por punto de incremento en resistencia de S/ 4.36.

Estudio 1: Estrada y Yoplac (2019)

Estrada y Yoplac concluyeron que el uso de fibra de carbono es viable económicamente cuando se busca un equilibrio entre costo y desempeño estructural. Resaltaron que el costo inicial es mayor, pero que los beneficios a largo plazo en términos de durabilidad y resistencia compensan esta inversión.

Análisis crítico:

La relación costo-beneficio encontrada en esta investigación respalda la conclusión de Estrada y Yoplac, destacando que, aunque la inversión inicial es alta, los beneficios técnicos y económicos justifican el uso de fibra de carbono, especialmente en proyectos donde el peso y el tiempo de instalación son factores determinantes.

CONCLUSIONES

Primera, la incorporación de fibra de carbono en vigas de concreto mejora significativamente su resistencia a la flexión. Los resultados muestran un aumento de la resistencia, con un 75% de cobertura ofreciendo el mejor balance entre eficacia y costo, siendo una solución viable y rentable para reforzar estructuras de concreto.

Segunda, las vigas de concreto sin ningún tipo de refuerzo muestran un crecimiento gradual en su resistencia a la flexión durante el proceso de curado. A los 7 días, la resistencia es de 28.62 kg/cm², a los 14 días alcanza los 35.35 kg/cm² y, a los 28 días, llega a los 43.69 kg/cm².

Tercera, los resultados muestran que, al aplicar fibra de carbono en diferentes porcentajes, la resistencia de las vigas de concreto aumenta considerablemente. Con un 50% de cobertura, se observa un incremento del 34.06% en la resistencia, mientras que con un 75% de cobertura se alcanza un aumento del 51.66%, y con un 100% de cobertura, el incremento es del 66.95%. Estos resultados demuestran que el refuerzo con fibra de carbono tiene un efecto positivo directo en la mejora de la capacidad estructural de las vigas.

Cuarta, en cuanto a la relación entre el costo y el beneficio estructural, el refuerzo con un 75% de fibra de carbono ofrece el mejor rendimiento en términos económicos. El costo por cada incremento de resistencia es de S/ 4.36, lo que lo hace la opción más eficiente. Aunque el refuerzo al 100% maximiza la resistencia, su costo por punto de incremento es más alto (S/ 4.48), lo que hace que el 75% sea la opción más equilibrada en cuanto a costos y beneficios.

RECOMENDACIONES

Primera, utilizar fibra de carbono como refuerzo en vigas de concreto, especialmente con un 75% de cobertura, por su eficiencia en mejorar la resistencia y su relación costo-beneficio. Además, se sugiere investigar más sobre su desempeño a largo plazo y en diferentes condiciones ambientales.

Segunda, utilizar un 75% de fibra de carbono como refuerzo, ya que ofrece una mejora considerable en la resistencia de las vigas sin que el costo sea excesivo. Este nivel de cobertura es el más eficiente en términos económicos, asegurando un buen rendimiento estructural a un precio razonable.

Tercera, para áreas de mayor carga, como los extremos y el centro de las vigas, se recomienda aplicar fibra de carbono en su totalidad (100%). Esto maximiza la resistencia y ayuda a distribuir mejor las tensiones, aunque sea una opción más costosa, mejora la seguridad en puntos críticos.

Cuarta, es importante permitir que el concreto cure el tiempo necesario (al menos 28 días) antes de aplicar cualquier carga significativa. Un buen curado aumenta la resistencia del material, lo que, combinado con el refuerzo de fibra de carbono, mejora considerablemente el rendimiento de las vigas.



REFERENCIAS

- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación*. Caracas: Editorial Episteme.
- Balcells, J. (2018). *La investigación social: introducción a los métodos y técnicas*. Escuela Superior de Relaciones Públicas, PPU.
- Barrera, J. H. (2000). *Metodología de la Investigación Holística*. Caracas: Universidad la Trinidad.
- Carrasco, S. (2018). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Hernandez & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill. Mexico.
- HERNANDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMIS, A., & MORENO, L. (2018). *Metodología de la Investigación Científica*. Manabi: 3ciencias - Area de Innovacion y Desarrollo S.L.
doi:<http://dx.doi.org/10.17993/CcyLI.2018.15>
- Hernández, S., & Duana, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. 9(17).
- PINO, R. (2018). *Metodología de la investigación*. Lima: San Marcos.
- Portilla Yandún, F. P., & Celi Yanchapanta, K. A. (2021). Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/32376>
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2014). *Metodología de la Investigación*. Bogota: Investigador del Instituto Politécnico Nacional.
- Sánchez, M. J., Fernández, M., & Diaz, J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Scielo, Uisrael*, 8(1), 113-128.
- Alegre Gago, G. (2017). Estudio de la influencia en la resistencia y ductilidad de las fibras de carbono utilizadas como reforzamiento de vigas de concreto armado. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/9254>



- Chaiña Huanca, L. D. (2023). Análisis comparativo del comportamiento sísmico de edificación de 7 niveles con propuesta de 3 tipos de reforzamiento estructural, Puno-2022. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/114558>
- Condori Fernandez, N. M. (2017). Efectos de las Fibras de Acero Dramix en las Propiedades Mecánicas del Concreto Estructural en la Ciudad de Puno 2017. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/5920>
- Contreras Landa, L. A. (2017). Análisis del comportamiento de vigas de concreto reforzadas con fibra de carbono. <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/629756>
- Depaz Hidalgo, F. J., Bedón López, J. E., & Olaza Henostroza, C. H. (2021). Aplicación de fibra de carbono CFRP en el reforzamiento a flexión de vigas de experimentales de concreto armado en la ciudad de Huaraz. *Aporte Santiaguino*, 14(1), 52-65.
- Guevara Fernandez, M. J. (2018). Análisis de la resistencia y ductilidad de vigas de concreto armado con reforzamiento de fibras de carbono. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25672>
- Kadhim, H. A., & Sultan, A. A. (2023). Interacción de estribos – fibra de acero – fibra de carbono en la resistencia de fuerzas de corte en vigas RC de alta Resistencia. *Nexo Revista Científica*, 36(06), Article 06. <https://doi.org/10.5377/nexo.v36i06.17449>
- Rescalvo Fernández, F. J. (2018). Refuerzos de fibra de carbono para rehabilitación de vigas de madera: Modelos analíticos, ensayos experimentales y puesta en obra [Doctoral thesis, Universidad de Granada]. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/53614>
- Ugarte Tassara, A. F., & Valdez Gamarra, M. O. (2024). Determinación de la técnica de refuerzo más económica para el diseño de vigas entre el refuerzo con láminas de fibra de carbono y el diseño de vigas doblemente reforzadas con acero. <https://hdl.handle.net/20.500.12920/14160>



Vargas Lipa, G. A. (2024). Influencia del nanosílice y cenizas volantes de carbón en las propiedades físicomecánicas del concreto de alta resistencia, Puno 2023.

Repositorio Institucional - UCV.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/138354>

Estrada, J., & Yoplac, M. (2019). Reforzamiento de vigas de concreto armado en un edificio multifamiliar mediante el uso de fibra de carbono. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.

Medina Deza, P. (2020). Análisis del reforzamiento de vigas de concreto armado con fibra de carbono y planchas de acero en la región de Arequipa. Tesis de licenciatura, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú.

Castro, R. (2019). Evaluación del uso de fibra de carbono en columnas de concreto sometidas a compresión en proyectos de edificación en Lima. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General: ¿De qué manera el refuerzo con fibra de carbono aplicado en diferentes porcentajes de cobertura afecta la resistencia a la flexión de vigas de concreto de diseño convencional, en la Provincia de San Román?</p>	<p>Objetivo General: Evaluar el impacto del refuerzo con fibra de carbono aplicado en diferentes porcentajes de cobertura sobre la resistencia a la flexión, el comportamiento estructural y la relación costo-beneficio de vigas de concreto de diseño convencional, en la Provincia de San Román.</p>	<p>Hipótesis General: El refuerzo con fibra de carbono aplicado en diferentes porcentajes de cobertura incrementa significativamente la resistencia a la flexión de vigas de concreto de diseño convencional, en la Provincia de San Román.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Aplicación de Fibra de Carbono.</p> <p>Dimensiones: <i>Cobertura aplicada</i> 0%, 50%, 75% y 100%.</p> <p>Variable Dependiente</p> <p><i>Resistencia a la flexión, patrones de falla, costo-beneficio.</i></p> <p>Dimensiones: <i>Carga Soportada. Distribución de fisuras y tipo de ruptura. Incremento porcentual en resistencia y costo total (S/).</i></p>	<p>Observación directa y medición con cinta métrica</p> <p>Equipo de laboratorio, Observación, análisis económicos.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es la resistencia a la flexión de las vigas de concreto de diseño convencional de 210 kg/cm² sin refuerzo, evaluadas a diferentes edades de curado (7, 14 y 28 días)?</p> <p>¿Cómo varía la resistencia a la flexión de las vigas de concreto reforzadas con fibra de carbono en porcentajes de cobertura del 50%, 75% y 100%, en comparación con las vigas sin refuerzo?</p> <p>¿Cuál es la relación costo-beneficio del uso de fibra de carbono como refuerzo en vigas de concreto, considerando el incremento en resistencia y los costos asociados, en comparación con métodos convencionales de reforzamiento?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar la resistencia a la flexión de vigas de concreto de diseño convencional de 210 kg/cm² sin refuerzo, evaluadas a las edades de 7, 14 y 28 días.</p> <p>Analizar la variación en la resistencia a la flexión de vigas reforzadas con fibra de carbono, considerando porcentajes de cobertura del 50%, 75% y 100%, y compararlas con vigas sin refuerzo.</p> <p>Evaluar la relación costo-beneficio del uso de fibra de carbono como refuerzo en vigas de concreto, en comparación con métodos convencionales de reforzamiento, considerando el incremento en resistencia y los costos asociados.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>Las vigas de concreto de diseño convencional de 210 kg/cm² sin refuerzo presentan valores de resistencia a la flexión se incrementarán con la edad de curado, alcanzando su máximo desempeño a los 28 días.</p> <p>Las vigas reforzadas con fibra de carbono, con porcentajes de cobertura de 50%, 75% y 100%, tendrán un incremento significativo en la resistencia a la flexión en comparación con las vigas sin refuerzo, especialmente a los 28 día.</p> <p>El uso de fibra de carbono como refuerzo en vigas de concreto es técnica y económicamente y será el más viable.</p>		



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE : BACHILLER BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA
CANTERA : CABANILLAS - AGREGADO GRUESO
: CABANILLAS - AGREGADO FINO
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO -UANCV
FECHA : 22 DE OCTUBRE DEL 2024

ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

AGREGADO FINO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0,00	0,00	0,00	100,00	A -Peso de muestra secada al horno	485,85
N° 4	0,00	0,00	0,00	100,00	B -Peso de muestra saturada seca (SSS)	500,00
					Wc -Peso del picnómetro con agua	1313,12
N° 8	110,25	22,05	22,05	77,95	W -Peso del Pic. + muestra + agua	1618,15
					PESO ESPECÍFICO	
N° 16	92,35	18,47	40,52	59,48	Wc+B =	1813
N° 30	99,25	19,85	60,37	39,63	Wc+B-W =	195
N° 50	124,36	24,87	85,24	14,76	Pe = $\frac{B}{Wc+B-W}$	2,56 gr/cm ³
N° 100	38,65	7,73	92,97	7,03	ABSORCIÓN	
N° 200	9,32	1,86	94,84	5,16	B =	500,00
FONDO	25,82	5,16	100,00	0,00	B-A =	14,15
SUMA	500,00	100,00			Abs = $\frac{(B-A) \times 100}{A}$	2,91 %
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA			3,01			

AGREGADO GRUESO

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0,00	0,00	100,00	A -Peso de muestra secada al horno	784,64
1 1/2"	0	0,00	0,00	100,00	B -Peso de muestra saturada seca (SSS)	800,00
					Wc -Peso del picnómetro con agua	1313,12
1"	310	8,86	8,86	91,14	W -Peso del Pic. + muestra + agua	1799,52
					PESO ESPECÍFICO	
3/4"	514	14,69	23,54	76,46	Wc+B =	2113
1/2"	1052	30,06	53,60	46,40	Wc+B-W =	314
3/8"	547	15,63	69,23	30,77	Pe = $\frac{B}{Wc+B-W}$	2,55 gr/cm ³
N° 4	0	0,00	69,23	30,77	ABSORCIÓN	
N° 8	1077	30,77	100,00	0,00	B =	800,00
FONDO	0,00	0,00	100,00	0,00	B-A =	15,36
SUMA	3500,00	100,00			Abs = $\frac{(B-A) \times 100}{A}$	1,96 %
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - D.P. INGENIERÍA CIVIL

Mgt. Arrialdo Yana Torres

RIE: 8007-00051346



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO NORMA ASTM C 33

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

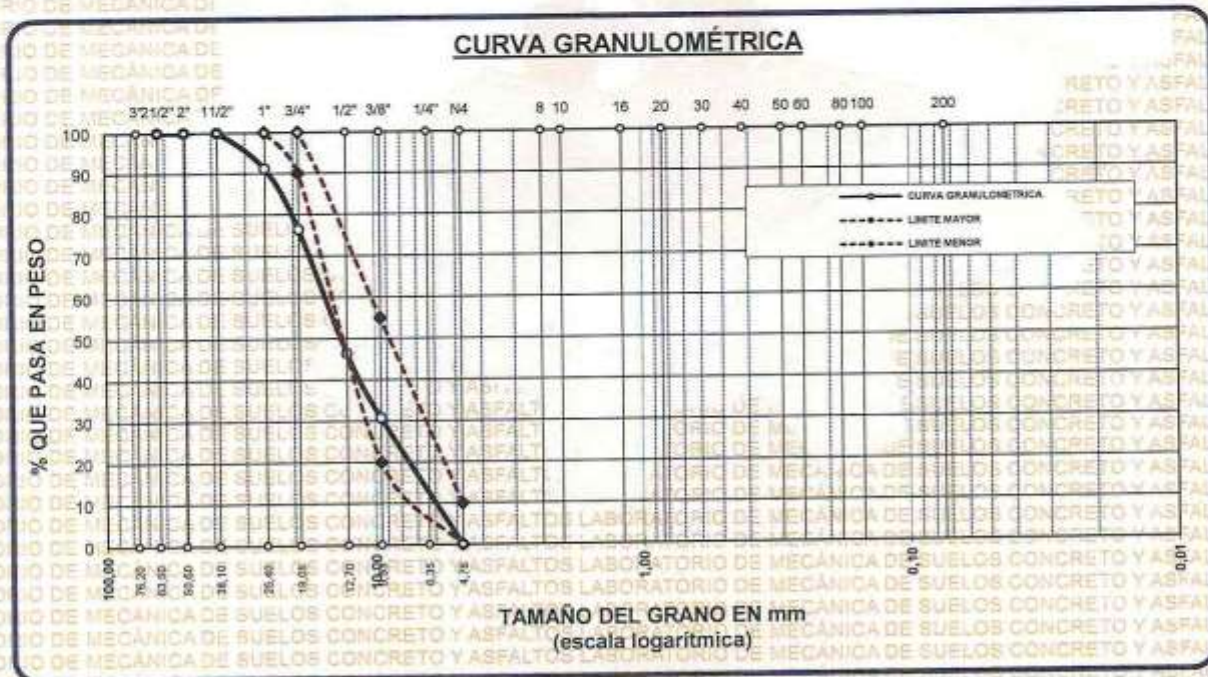
SOLICITANTE : BACHILLER BRAYMAR EMILIO IGLESIAS HERRERA

CANTERA : CABANILLAS - AGREGADO GRUESO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 22 DE OCTUBRE DEL 2024

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	76,200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4" OBSERVACIONES:
2 1/2"	63,500	0,00	0,00	0,00	100,00	100 %	
2"	50,600	0,00	0,00	0,00	100,00		
1 1/2"	38,100	0,00	0,00	0,00	100,00	90 - 100 %	
1"	25,400	310,00	8,86	8,86	91,14		
3/4"	19,050	514,00	14,69	23,54	76,46	20 - 55 %	
1/2"	12,700	1052,00	30,06	53,60	46,40		
3/8"	9,525	547,00	15,63	69,23	30,77	0 - 10 %	
1/4"	6,350						
No4	4,760	1077,00	30,77	100,00	0,00		
BASE		0,00	0,00	100,0	0,0		
TOTAL		3500,00	100,00				
% PÉRDIDA		0,00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yama Torres
CIF 103257

BIE : 8007 - 00051346



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

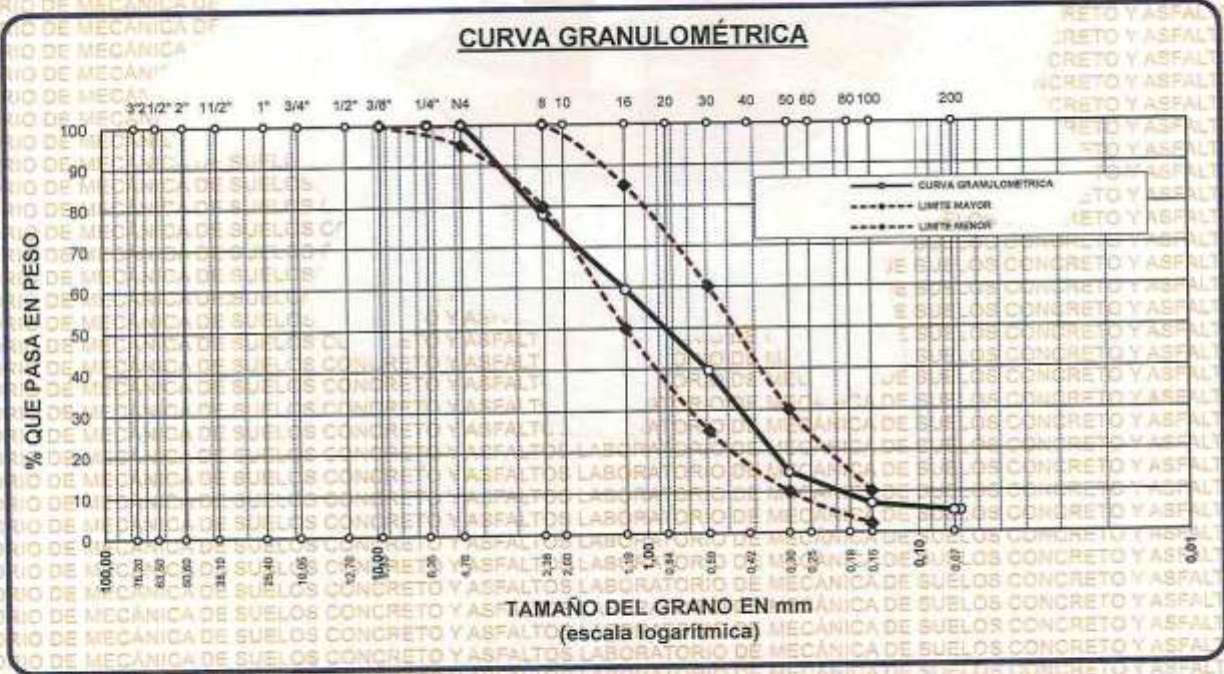
SOLICITANTE : BACHILLER BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA

CANTERA : CABANILLAS - AGREGADO FINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 22 DE OCTUBRE DEL 2024

TAMICES	ABERTURA	PESO	%	%RET.	% QUE	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
ASTM	mm	RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	PASA		
3/8"	9,525	0,00	0,00	0,00	100,00	100%	Peso Inicial = 500 gr.
1/4"	6,350	0,00	0,00	0,00	100,00	95 - 100 %	
No4	4,760	0,00	0,00	0,00	100,00	80 - 100 %	Módulo de Fineza = 3,01
No8	2,380	110,25	22,05	22,05	77,95		OBSERVACIONES:
No10	2,000					50 - 85 %	
No16	1,190	92,35	18,47	40,52	59,48		
No20	0,840					25 - 60 %	
No30	0,590	99,25	19,85	60,37	39,63		
No40	0,420					10 - 30 %	
No 50	0,300	124,36	24,87	85,24	14,76		
No60	0,250						
No80	0,180					2-10%	
No100	0,149	38,65	7,73	92,97	7,03		
No200	0,074	9,32	1,86	94,84	5,16		
BASE		25,82	5,16	100	0,00		
TOTAL		500,00	100,00				
% PERDIDA		5,16					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. INVESTIGACIÓN

Magr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257

BIE : B007 - 00051346



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 - MTC E108-2000

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE : BACHILLER BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA

CANTERA : CABANILLAS - AGREGADO GRUESO
: CABANILLAS - AGREGADO FINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 22 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA : AGREGADO FINO	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	365,25
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	352,47
PESO DEL TARRO (gr.)	50,36
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	314,89
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	302,11
PESO DEL AGUA (gr.)	12,78
% HUMEDAD	4,23

MUESTRA : AGREGADO GRUESO	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	384,62
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	381,22
PESO DEL TARRO (gr.)	50,47
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	334,15
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	330,75
PESO DEL AGUA (gr.)	3,40
% HUMEDAD	1,03

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

Mg. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

BIE : B007 - 00051346



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE : BACHILLER BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA

CANTERA : CABANILLAS - AGREGADO GRUESO
: CABANILLAS - AGREGADO FINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 22 DE OCTUBRE DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	5968 gr	5968 gr	5968 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2122 cm ³	2122 cm ³	2122 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9384,00 gr	9399,00 gr	9387,00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3416,00 gr	3431,00 gr	3419,00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1,610 gr/cm ³	1,617 gr/cm ³	1,611 gr/cm ³
PROMEDIO	1,613 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	5968 gr	5968 gr	5968 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2122 cm ³	2122 cm ³	2122 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9620,00 gr	9612,00 gr	9625,00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3652,00 gr	3644,00 gr	3657,00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1,721 gr/cm ³	1,717 gr/cm ³	1,723 gr/cm ³
PROMEDIO	1,721 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - OAP. INGENIERÍA CIVIL

Magr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 100257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN

2024

SOLICITANTE : BACHILLER BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA

CANTERA : CABANILLAS - AGREGADO GRUESO

: CABANILLAS - AGREGADO FINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA : 22 DE OCTUBRE DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	7981 gr	7981 gr	7981 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3224 cm ³	3224 cm ³	3224 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	12852,00 gr	12822,00 gr	12859,00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4871,00 gr	4841,00 gr	4878,00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1,511 gr/cm ³	1,502 gr/cm ³	1,513 gr/cm ³
PROMEDIO	1,508 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	7981 gr	7981 gr	7981 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3224 cm ³	3224 cm ³	3224 cm ³
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	13205,00 gr	13215,00 gr	13212,00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5224,00 gr	5234,00 gr	5231,00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1,620 gr/cm ³	1,623 gr/cm ³	1,623 gr/cm ³
PROMEDIO	1,622 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Mtro. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

DISEÑO DE MEZCLA $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE : BACHILLER BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA
CANTERA : CABANILLAS - AGREGADO GRUESO
: CABANILLAS - AGREGADO FINO
UBICACIÓN : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV
FECHA : 22 DE OCTUBRE DEL 2024

PROCESO DE DISEÑO:

NORMAS: ACI 211.1.74
ACI 211.1.81

El requerimiento promedio de resistencia a la compresión $F'c = 210 \text{ Kg./cm.}^2$ a los 28 días
entonces la resistencia promedio $F'cr = 294 \text{ Kg./cm.}^2$

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).

SE UTILIZARA EL CEMENTO RUMI TIPO IP

Dado el uso del agregado grueso, se utilizará el único agregado de calidad satisfactoria y económicamente disponible, el cual cumple con las especificaciones. Cuya graduación para el diámetro máximo nominal es de: $3/4"$ (19,05mm)

Además se indica las pruebas de laboratorio para los agregados realizadas previamente:

RESULTADOS DE LABORATORIO

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	AGREGADO GRUESO	AGREGADO FINO
P.e de Sólidos		
P.e SSS	2,55	2,56
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1622	1721
P.U. Suelto	1508	1613
% de Absorción	1,96	2,91
% de Humedad Natural	1,03	4,23
Modulo de Fineza	-	3,01

Los cálculos aparecerán únicamente en forma esquemática:

- El asentamiento dado es de 3" a 4" (76.2 mm. A 101.6 mm.).
- Se usará el agregado disponible en la localidad, el cual posee un diámetro nominal $3/4"$ (19,05mm)
- Puesto que no se utilizará incorporador de aire, pero la estructura estará expuesta a intemperismo severo, la cantidad aproximada de agua de mezclado que se empleará para producir el asentamiento indicado será de: 205 Lt/m³
- Como el concreto estará sometido a intemperismo severo se considera un contenido de aire atrapado de: 2,0 %
- Como se prevee que el concreto no será atacado por sulfatos, entonces las relación agua/cemento (a/c) será de: 0,60
- De acuerdo a la información obtenida en los items 3 y 4 el requerimiento de cemento será de:

$$(205 \text{ Lt/m}^3) / (0,60) = 341 \text{ Kg/m}^3$$



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257

BIE: B007 - 00051346



7. De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 3,01 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1622 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19,05mm) se recomienda el uso de 0,592 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0,5923) * (1622) = 961 \text{ Kg/m}^3$$

8. Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m³ de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación.

Con las cantidades de agua, cemento y agregado grueso ya determinadas y considerando el contenido aproximado de aire atrapado, se puede calcular el contenido de arena como sigue:

$$\begin{aligned} \text{Volúmen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0,205 \\ \text{Volúmen absoluto de cemento} &= (342) / (2,85 * 1000) = 0,120 \\ \text{Volúmen absoluto de agregado grueso} &= (961) / (2,53 * 1000) = 0,380 \\ \text{Volúmen de aire atrapado} &= (2,0) / (100) = 0,020 \\ \text{Volúmen sub total} &= 0,725 \end{aligned}$$

Volúmen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1,000 - 0,725) = 0,275 \text{ m}^3$$

$$(0,275) * (2,56) * 1000 = 706 \text{ Kg/m}^3$$

9. De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tienen % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

$$\text{Agregado grueso húmedo } (961) * (1,01028) = 971 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agregado Fino húmedo } (706) * (1,0423) = 736 \text{ Kg.}$$

10. El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$205 - 961 * (\frac{1,03 - 1,96}{100}) - 706 (\frac{4,23 - 2,91}{100}) = 205$$

DOSIFICACIÓN

AGREGADO	DOSIFICACIÓN EN PESO SECO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO SECO	DOSIFICACIÓN EN PESO HÚMEDO (Kg/m ³)	PROPORCIÓN EN VOLUMEN PESO HÚMEDO
Cemento	342	1,00	342	1,00
Agua	205	0,6	205	0,60
Agreg. Grueso	961	2,81	971	2,84
Agreg. Fino	706	2,07	736	2,15
Aire	2,0 %		2,0 %	

8,04 BOLSAS / m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento	42,50 Kg
Agregado fino húmedo	91,56 Kg
Agregado grueso húmedo	120,74 Kg
Agua efectiva	25,45 Kg



UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ CÉSAR VELÁSQUEZ
FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
C/P. 113257



DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

1,0 Bolsa de Cemento:	Redondeo
- 2,01 p ³ de Arena	2,0 p ³ de Arena
- 2,83 p ³ de Piedra Chancada	2,8 p ³ de Piedra Chancada
- 25 Lt de Agua	25 Lt de Agua

RECOMENDACIONES

Debido a las características de los agregados, se recomienda que la dosificación tanto de la arena como de la grava se realice en forma separada, tal como se indica en el ítem DOSIFICACIÓN POR TANDAS.

* Se debiera de hacer las correcciones del W% del A.F. y A.G.

OBSERVACIONES:

* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Mtro. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE: BACHILLER BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: OCTUBRE - NOVIEMBRE 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION MUESTRA PATRON

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	1625,25	28,990	28,62	24/10/2024	31/10/2024	7
2	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	1566,65	28,420		24/10/2024	31/10/2024	7
3	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	1602,58	28,490		24/10/2024	31/10/2024	7
4	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	1616,05	28,765		24/10/2024	31/10/2024	7
5	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	1599,68	28,439		24/10/2024	31/10/2024	7

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	1095,25	35,690	35,35	24/10/2024	07/11/2024	14
2	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	1985,78	35,303		24/10/2024	07/11/2024	14
3	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	1999,02	35,538		24/10/2024	07/11/2024	14
4	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	1974,32	35,068		24/10/2024	07/11/2024	14
5	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	1981,47	35,226		24/10/2024	07/11/2024	14

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura -dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	2457,85	43,638	43,68	24/10/2024	21/11/2024	28
2	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	2481,78	44,121		24/10/2024	21/11/2024	28
3	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	2425,77	43,125		24/10/2024	21/11/2024	28
4	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	2471,33	43,935		24/10/2024	21/11/2024	28
5	VIGA DE PRUEBA PATRON	15,0	15,0	60,0	2444,36	43,455		24/10/2024	21/11/2024	28

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
Mgtr. Arnoldo Yana Torres
C.P. 103257

BIE : B007 - 00051346



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERRES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 329.034

TEMA: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE: BACHILLER BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA

LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA: OCTUBRE - NOVIEMBRE 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A FLEXION DE LA VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	2341,25	41,761	41,53	24/10/2024	31/10/2024	7
2	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	2342,36	41,642		24/10/2024	31/10/2024	7
3	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	2333,68	41,488		24/10/2024	31/10/2024	7
4	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	2332,47	41,466		24/10/2024	31/10/2024	7
5	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	2324,04	41,316		24/10/2024	31/10/2024	7

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	2935,21	52,356	52,88	24/10/2024	07/11/2024	14
2	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	2945,07	52,357		24/10/2024	07/11/2024	14
3	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	3002,56	53,379		24/10/2024	07/11/2024	14
4	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	3004,77	53,418		24/10/2024	07/11/2024	14
5	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	2974,03	52,872		24/10/2024	07/11/2024	14

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura -dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	3302,00	58,898	58,57	24/10/2024	21/11/2024	28
2	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	3274,55	56,214		24/10/2024	21/11/2024	28
3	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	3301,85	58,700		24/10/2024	21/11/2024	28
4	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	3288,47	58,462		24/10/2024	21/11/2024	28
5	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 50%	15,0	15,0	80,0	3295,65	58,589		24/10/2024	21/11/2024	28

OBSERVACIONES:
1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERRES VELÁSQUEZ
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnoldo Yano Torres
CIP. 103252

BIE : B007 - 00051346



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION

NTP 339.034

TEMA: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

SOLICITANTE: BACHILLER BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA

LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

FECHA: OCTUBRE - NOVIEMBRE 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A FLEXION DE LA VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	2632,21	46,951	47,70	24/10/2024	31/10/2024	7
2	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	2886,36	47,757		24/10/2024	31/10/2024	7
3	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	2697,14	47,949		24/10/2024	31/10/2024	7
4	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	2687,22	47,773		24/10/2024	31/10/2024	7
5	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	2704,58	48,081		24/10/2024	31/10/2024	7

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	3425,32	61,098	60,96	24/10/2024	07/11/2024	14
2	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	3433,25	61,036		24/10/2024	07/11/2024	14
3	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	3402,88	60,496		24/10/2024	07/11/2024	14
4	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	3440,09	61,157		24/10/2024	07/11/2024	14
5	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	3431,75	61,009		24/10/2024	07/11/2024	14

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura -dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	3745,21	66,804	66,26	24/10/2024	21/11/2024	28
2	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	3733,25	66,369		24/10/2024	21/11/2024	28
3	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	3702,85	65,825		24/10/2024	21/11/2024	28
4	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	3722,77	66,183		24/10/2024	21/11/2024	28
5	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 75%	15,0	15,0	80,0	3718,59	66,108		24/10/2024	21/11/2024	28

OBSERVACIONES:

1.- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CARR. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. *Arnoldo Yana Torres*
CIP 103257

BIE: B007 - 00051346



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN

NTP 339.034

TEMA: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024
SOLICITANTE: BACHILLER BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA
LUGAR: LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
FECHA: OCTUBRE - NOVIEMBRE 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A FLEXION DE LA VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	3002,05	53,548	53,80	24/10/2024	31/10/2024	7
2	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	3011,58	53,539		24/10/2024	31/10/2024	7
3	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	3047,85	54,184		24/10/2024	31/10/2024	7
4	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	3039,02	53,920		24/10/2024	31/10/2024	7
5	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	3027,66	53,825		24/10/2024	31/10/2024	7

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura - dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	3735,21	66,609	66,21	24/10/2024	07/11/2024	14
2	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	3722,02	66,169		24/10/2024	07/11/2024	14
3	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	3702,75	65,827		24/10/2024	07/11/2024	14
4	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	3716,54	66,072		24/10/2024	07/11/2024	14
5	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	3731,76	66,343		24/10/2024	07/11/2024	14

N°	DESCRIPCIÓN DEL MUESTRO	PROMEDIO			Lectura -dial	Resisten. a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	FECHA	FECHA	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)				VACIADO	ROTURA	DIAS
1	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	4102,25	73,173	72,94	24/10/2024	21/11/2024	28
2	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	4107,99	73,031		24/10/2024	21/11/2024	28
3	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	4099,68	72,883		24/10/2024	21/11/2024	28
4	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	4087,99	72,674		24/10/2024	21/11/2024	28
5	VIGA CON FIBRA DE CARBONO 100%	15,0	15,0	60,0	4102,65	72,936		24/10/2024	21/11/2024	28

OBSERVACIONES:
1- LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADAS POR EL BACHILLER



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

Magr. Arnoldo Yana Torres
CIP 103257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 05-05-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: BRAYAM EMILIO IGLESIAS HERRERA

Dirección: Av. INAMBARI 319

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70072127

Teléfono: 966 003 398 email: bray_616@hotmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA FLEXIÓN DE UN CONCRETO DE DISEÑO CONVENCIONAL

CON APLICACIÓN DE FIBRA DE CARBONO COMO REFORZAMIENTO

DE VIGAS EN LA PROVINCIA DE SAN ROMÁN 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): FIBRA DE CARBONO, RESISTENCIA A LA FLEXIÓN, COMPORTAMIENTO

ESTRUCTURAL, COSTO-BENEFICIO, REFUERZO DE VIGAS DE CONCRETO

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

² Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Titulo 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES - P17


Firma de Autor



huella digital

05-05-2025

Fecha