



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL
REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES
DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN
EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

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
ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL
REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES
DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN
EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:


PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO


PRIMER MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 033-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 07 de enero del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- 000174 presentado por el (la) Bachiller: ALEX LEONEL MAMANI MAMANI 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. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 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. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: ALEX LEONEL MAMANI MAMANI; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 09 de enero del 2025
- * **HORA** : 15:00 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.



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Eirain Pariona Soza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo
interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1668-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 17346 por el señor (a): **ALEX LEONEL MAMANI MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1451 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS) formato N° 302- 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): **ALEX LEONEL MAMANI MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 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° 302- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 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): **ALEX LEONEL MAMANI MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 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. **MILTHON QUISPE HUANCA**.

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

MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
DR. DINA ESCOBAR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1338-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 012432, presentado el señor (a) **ALEX LEONEL MAMANI MAMANI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 1192 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 345 -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): **ALEX LEONEL MAMANI MAMANI** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 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° 345 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 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 mérito 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): **ALEX LEONEL MAMANI MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 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. **MILTHON QUISPE HUANCA**.

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. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. FRAZARITO Sosa
DIRECTOR

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBÓN EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	3%
2	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Ricardo Palma Trabajo del estudiante	1%
6	www.dspace.uce.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
8	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	76201463
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-9506-6628
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
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: Azángaro Distrito: Azángaro Latitud: S 14° 54' 35" Longitud: O 70° 11' 50"</p>  <p>https://maps/d/1ekCzvwvSNksOHzALiOLNJSLOeeYIhBA&u</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 – Enero 2025
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</p> <p>Ingeniería de Materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00</p>
CRIS/vocabularios/ocde ford.html	
- Librería	



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PUNO

Dr. Willy Mamani Apaza

DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ALEX LEONEL MAMANI MAMANI, identificado con DNI Nro. 76201463, 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:

ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

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 otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 03 de abril del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Con especial cariño y eterna gratitud a mis padres Betty y Silvio, que gracias a su apoyo incondicional en mi formación profesional hicieron posible que alcance la concretización de mi deseo de ser profesional.

A mis hermanos Yudith y Cristhian, porque creyeron en mí, dándome ejemplo digno de superación con mucho cariño y afecto.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su amor infinito de brindarme vida y salud para culminar mis estudios superiores.

A mi alma mater a la universidad "Andina Néstor Cáceres Velásquez", a la escuela profesional de ingeniería civil por haberme formado profesionalmente.

A mis amigos, por estar siempre conmigo y darme su apoyo incondicional, especialmente en los momentos de mayor dificultad.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiv

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática	1
1.2. Planteamiento del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación	3
1.4.1. Justificación técnica.....	3
1.4.2. Justificación económica.....	4
1.4.3. Justificación social.....	4
1.4.4. Justificación ambiental.....	4
1.5. Hipótesis de la investigación	5
1.5.1. Hipótesis general.....	5
1.5.2. Hipótesis específicas.....	5
1.6. Variables e indicadores	5
1.6.1. Variable independiente.....	5
1.6.2. Variable dependiente.....	6
1.7. Operacionalización de variables	7



CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación 8
2.1.1. Antecedentes internacionales 8
2.1.2. Antecedentes nacionales 10
2.1.3. Antecedentes locales 15
2.2. Bases teóricas 15
2.2.1. Reforzamiento estructural 15
2.2.2. Deterioro de estructuras 26
2.2.3. Fibras de carbono 36
2.2.4. Aplicación de la fibra de carbono en elementos estructurales 47
2.2.5. Edificaciones de diseño convencional 48
2.3. Marco conceptual 53

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación 56
3.2. Método de la investigación 56
3.3. Nivel y tipo de la investigación 57
3.3.1. Nivel de la investigación 57
3.3.2. Tipo de la investigación 57
3.4. Población y muestra 58
3.4.1. Población 58
3.4.2. Muestra 58
3.5. Técnicas e instrumentos 59
3.5.1. Técnicas 59
3.5.2. Instrumentos 60
3.6. Procedimiento de recolección de datos 61
3.6.1. Desarrollo del plan de investigación 61
3.7. Procedimiento y análisis de datos 70

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos 71
4.1.1. Resultados sobre las resistencias alcanzadas mediante esclerometría en los elementos estructurales de las edificaciones 72



4.1.2. Resultados sobre el diseño de mezclas de la resistencia actual de los elementos estructurales de las edificaciones	92
4.1.3. Resultados sobre la variación de las resistencias a compresión y flexión obtenidas de los especímenes reforzados con fibras de carbono	93
4.2. Discusión de Resultados	113
CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES.....	115
BIBLIOGRAFÍA.....	116
ANEXOS	173



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 7

Tabla 2 Resumen de los tipos de reforzamiento 22

Tabla 3 Edificaciones tomadas para este estudio 61

Tabla 4 Instituciones educativas tomadas para el presente estudio 64

Tabla 5 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I. 72

Tabla 6 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I. 73

Tabla 7 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II 74

Tabla 8 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II 75

Tabla 9 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III 76

Tabla 10 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III 77

Tabla 11 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I 78

Tabla 12 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I 79

Tabla 13 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II 80

Tabla 14 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II 81

Tabla 15 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III 82

Tabla 16 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III 83

Tabla 17 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I 84

Tabla 18 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I 85

Tabla 19 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II 86

Tabla 20 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II 87

Tabla 21 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III 88

Tabla 22 Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III 89

Tabla 23 Resistencias actuales de las principales estructuras 90

Tabla 24 Dosificación según diseño de mezcla 92



Tabla 25	Dosificación para diseño de mezcla del concreto + CFRP	92
Tabla 26	Resistencia a compresión.....	93
Tabla 27	Resistencia a compresión.....	94
Tabla 28	Resistencia a compresión.....	95
Tabla 29	Resistencia del concreto reforzado con CFRP	96
Tabla 30	Resistencia del concreto reforzado con CFRP	97
Tabla 31	Resistencia del concreto reforzado con CFRP	98
Tabla 32	Resistencia del concreto reforzado con CFRP	99
Tabla 33	Resistencia del concreto reforzado con CFRP.....	100
Tabla 34	Resistencia del concreto reforzado con CFRP.....	101
Tabla 35	Resistencia a la flexión del CP tras 7 días	102
Tabla 36	Resistencia a la flexión del CP tras 14 días	103
Tabla 37	Resistencia a la flexión del CP tras 28 días	104
Tabla 38	Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP.....	105
Tabla 39	Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP.....	106
Tabla 40	Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP.....	107
Tabla 41	Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP.....	108
Tabla 42	Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP.....	109
Tabla 43	Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP.....	110
Tabla 44	Resistencias a compresión	111
Tabla 45	Resistencias a flexión	112



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Fibra de carbono	37
Figura 2	Ubicación del Colegio Nacional Pedro Vilcapaza	62
Figura 3	Ubicación del teatro municipal de Azángaro.....	63
Figura 4	Ubicación del Mercado Pedro Vilcapaza	63
Figura 5	Preparación del equipo	65
Figura 6	Aplicación del ensayo	67
Figura 7	Registro de los resultados.....	68
Figura 8	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	72
Figura 9	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	73
Figura 10	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	74
Figura 11	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	75
Figura 12	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	76
Figura 13	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	77
Figura 14	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	78
Figura 15	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	79
Figura 16	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	80
Figura 17	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	81
Figura 18	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	82
Figura 19	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	83
Figura 20	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	84
Figura 21	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	85
Figura 22	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	86
Figura 23	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	87
Figura 24	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	88
Figura 25	Resistencias alcanzadas con esclerómetro.....	89
Figura 26	Comparativo de las resistencias en el bloque - I	90
Figura 27	Comparativo de las resistencias en el bloque - II	91
Figura 28	Comparativo de las resistencias en el bloque - III	91
Figura 29	Variación de la resistencia	93
Figura 30	Variación de la resistencia	94
Figura 31	Variación de la resistencia	95
Figura 32	Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP	96
Figura 33	Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP	97
Figura 34	Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP	98



Figura 35	Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP	99
Figura 36	Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP	100
Figura 37	Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP	101
Figura 38	Resistencia a la flexión del CP tras 7 días.....	102
Figura 39	Resistencia a la flexión del CP tras 14 días.....	103
Figura 40	Variación de la resistencia a la flexión del CP tras 28 días.....	104
Figura 41	Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP	105
Figura 42	Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP	106
Figura 43	Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP	107
Figura 44	Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP	108
Figura 45	Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP	109
Figura 46	Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP	110
Figura 47	Comparativo de las resistencias alcanzadas.....	111
Figura 48	Comparativo de las resistencias a flexión.....	112



RESUMEN

La presente investigación denominada "Análisis del empleo de fibra de carbono en el reforzamiento de elementos estructurales deteriorados de diseño convencional en edificaciones en la provincia de Azángaro 2024", tiene la finalidad de evaluar la aplicación de la fibra de carbono en el reforzamiento de los elementos estructurales deteriorados de diseño convencional en edificaciones en la provincia de Azángaro. En cuanto a la metodología fue de diseño no experimental y transversal, método científico, de nivel descriptivo y correlacional, de tipo aplicada; además, la muestra del estudio está constituida por un conjunto representativo de edificaciones de la provincia de Azángaro. En cuanto al primer objetivo, los resultados indican que la resistencia a compresión actual de los elementos estructurales evaluados mediante el ensayo de esclerometría no alcanzó su resistencia, evidenciando debilidad en sus componentes estructurales como columnas y vigas. Las principales edificaciones de la provincia de Azángaro, fueron analizadas en tres bloques, donde presentaron deterioros significativos en sus estructuras. En cuanto al segundo objetivo los resultados indican que el diseño de mezcla para la resistencia actual de los elementos estructurales en las edificaciones de la provincia de Azángaro corresponde a 210 kg/cm², la dosificación recomendada para el concreto patrón incluye: 1.0 de cemento, 3.72 de agregado grueso, 2.89 de agregado fino, 0.85 lt/bls y un contenido de aire del 2.5%. Este diseño busca optimizar las propiedades mecánicas y garantizar la durabilidad de las estructuras. En el tercer objetivo los resultados de la variación de la resistencia a compresión y flexión obtenidas de los elementos estructurales reforzados con fibras de carbono mejoran significativamente a favor de los concretos reforzados, ya que se concluye que la resistencia para el concreto patrón a los 28 días de curado fue de 210.04 kg/cm², mientras que para el concreto reforzado con una capa de CFRP la resistencia a compresión alcanzada fue de 245.46 kg/cm², y finalmente para el concreto reforzado con dos capas de CFRP la resistencia alcanzada fue de 287.54 kg/cm². Finalmente se



concluye, que los resultados evidencian la efectividad de las fibras de carbono para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, optimizando su rendimiento frente a cargas estructurales y prolongando su vida útil.

Palabras Clave: Fibra de carbono, reforzamiento estructural, Edificaciones, Esclerómetro.



ABSTRACT

The present research called "Analysis of the use of carbon fiber in the reinforcement of deteriorated structural elements of conventional design in buildings in the province of Azángaro 2024", has the purpose of evaluating the application of carbon fiber in the reinforcement of the elements Deteriorated structural of conventional design in buildings in the province of Azángaro. Regarding the methodology, it was non-experimental and transversal design, scientific method, descriptive and correlational level, applied type; Furthermore, the study sample is made up of a representative group of buildings in the province of Azángaro. Regarding the first objective, the results indicate that the current compression resistance of the structural elements evaluated through the sclerometry test did not reach its resistance, evidencing weakness in its structural components such as columns and beams. The main buildings in the province of Azángaro were analyzed in three blocks, where they showed significant deterioration in their structures. Regarding the second objective, the results indicate that the mix design for the current resistance of the structural elements in the buildings of the province of Azángaro corresponds to 210 kg/cm², the recommended dosage for the standard concrete includes: 1.0 cement, 3.72 of coarse aggregate, 2.89 of fine aggregate, 0.85 lt/bls and an air content of 2.5%. This design seeks to optimize the mechanical properties and guarantee the durability of the structures. In the third objective, the results of the variation of the compression and flexural resistance obtained from the structural elements reinforced with carbon fibers improve significantly in favor of the reinforced concretes, since it is concluded that the resistance for the standard concrete at 28 days of curing was 210.04 kg/cm², while for the concrete reinforced with a layer of CFRP the compressive strength achieved was 245.46 kg/cm², and finally for the concrete reinforced with two layers of CFRP the resistance achieved was 287.54 kg/cm². Finally, it is concluded that the results show the effectiveness of carbon fibers to improve the mechanical properties of concrete, optimizing its performance against structural loads and prolonging its useful life.



Keywords: Carbon fiber, structural reinforcement, Buildings, Sclerometer.



INTRODUCCIÓN

La durabilidad y seguridad de las edificaciones representan dos aspectos cruciales en la ingeniería estructural, ya que las construcciones deben ser capaces de soportar diversas cargas y condiciones ambientales durante su vida útil. Sin embargo, factores como el envejecimiento natural, la exposición a condiciones climáticas adversas, los cambios bruscos de temperatura, la acción de agentes corrosivos y el impacto de desastres naturales provocan el deterioro progresivo de los materiales estructurales, lo que compromete la integridad de las edificaciones y genera la necesidad de intervenciones para mantener sus estándares de seguridad y estabilidad.

Frente a esta problemática, el reforzamiento estructural ha cobrado una gran importancia como estrategia para extender la vida útil de las construcciones y restaurar la resistencia de los elementos deteriorados. En este contexto, los materiales compuestos avanzados, como la fibra de carbono, ofrecen nuevas oportunidades de innovación en el ámbito de la rehabilitación de estructuras. Con propiedades como alta resistencia a la tracción, ligereza y una excelente resistencia a la corrosión, la fibra de carbono se ha consolidado como una alternativa eficiente para el refuerzo de elementos estructurales de concreto, acero y otros materiales convencionales en construcciones deterioradas.

El uso de la fibra de carbono para el reforzamiento estructural no solo permite aumentar la capacidad de carga de los elementos reforzados, sino que también ofrece ventajas como la facilidad de instalación y la reducción del tiempo de intervención. Esto es especialmente relevante en entornos urbanos, donde minimizar el impacto en el uso de las edificaciones es esencial para evitar inconvenientes en las actividades cotidianas de sus ocupantes. Además, el empleo de fibra de carbono contribuye a la sostenibilidad del proceso de rehabilitación al reducir la necesidad de demoliciones y reconstrucciones extensas.



Este proyecto de investigación se enfoca en el análisis detallado del empleo de fibra de carbono para el reforzamiento de elementos estructurales deteriorados en edificaciones de diseño convencional en la provincia de Azángaro. A través de una revisión exhaustiva de casos de aplicación y un análisis comparativo de los resultados obtenidos, se busca ofrecer una comprensión integral de los beneficios, limitaciones y mejores prácticas de este material en la rehabilitación estructural. El estudio aportará recomendaciones específicas para la selección, instalación y evaluación de la fibra de carbono en proyectos de refuerzo, contribuyendo así al desarrollo de soluciones más duraderas y seguras en el ámbito de la ingeniería de estructuras.

En el capítulo I, se definieron los objetivos generales y específicos del estudio, así como la hipótesis del trabajo. Para luego definir el planteamiento del problema, la justificación del tema de estudio. Finalmente se proporcionó una breve descripción de la estructura del proyecto de investigación.

En el capítulo II, se hizo un revisión detallada de los antecedente que fundamentan la investigación. Se desarrollaron las bases teóricas sobre el tema de estudio. Finalmente, se presenta el marco conceptual para explicar conceptos más importantes del estudio.

El capítulo III, se explicó la metodología de la investigación, que incluye el diseño, el método, el nivel y el tipo de investigación utilizados en el presente estudio. También proporciona información detallada sobre las técnicas e instrumentos utilizados para evaluar el estudio, los procedimientos aplicados para obtener los resultados y la población y muestra evaluadas.

En el capítulo IV, se presenta el análisis de los resultados obtenidos tras la evaluación del tema de estudio. Asimismo se discutirá la relevancia de los resultados en relación con elementos estructurales y se propondrán recomendaciones específicas. A continuación, se hizo la discusión de los resultados, comparándolos con los autores citados en los antecedentes del estudio.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática

El deterioro de elementos estructurales en edificaciones de diseño convencional es una preocupación global que afecta la seguridad y funcionalidad de las construcciones. Este fenómeno se debe a factores como el envejecimiento de los materiales, la exposición a condiciones ambientales adversas y la falta de mantenimiento adecuado. En respuesta, el uso de fibra de carbono para el reforzamiento estructural ha emergido como una solución efectiva y moderna.

A nivel internacional, países como Estados Unidos, Japón y España han adoptado ampliamente la fibra de carbono en proyectos de rehabilitación estructural. La investigación y aplicación de este material han demostrado mejoras significativas en la resistencia y durabilidad de las estructuras reforzadas. Por ejemplo, en España, se ha utilizado fibra de carbono para reforzar puentes y edificios históricos, prolongando su vida útil y asegurando su estabilidad estructural.

En el contexto nacional, el Perú ha comenzado a incorporar la fibra de carbono en proyectos de reforzamiento estructural, especialmente en zonas urbanas como Lima y Arequipa. Empresas especializadas ofrecen soluciones de reforzamiento con fibra de



carbono, destacando sus ventajas en términos de resistencia y facilidad de aplicación. Sin embargo, la adopción de esta tecnología aún es limitada y enfrenta desafíos relacionados con la capacitación de profesionales y la disponibilidad de materiales.

A nivel local, en la provincia de Azángaro, la situación es más crítica. Muchas edificaciones de diseño convencional presentan signos de deterioro debido a factores como la antigüedad, la exposición a condiciones climáticas extremas y la falta de mantenimiento. La implementación de técnicas modernas de reforzamiento, como el uso de fibra de carbono, es escasa o inexistente. Esto se debe a la limitada disponibilidad de recursos, la falta de conocimiento sobre estas tecnologías y la ausencia de empresas especializadas en la región.

La falta de intervención adecuada en las estructuras deterioradas de Azángaro representa un riesgo significativo para la seguridad de sus habitantes y la preservación del patrimonio arquitectónico local. Es imperativo abordar esta problemática mediante la promoción de técnicas de reforzamiento efectivas y sostenibles, como el uso de fibra de carbono, adaptadas a las necesidades y condiciones específicas de la región.

El propósito de este estudio en la provincia de Azángaro es evaluar la viabilidad y efectividad del uso de fibra de carbono como material de reforzamiento en estructuras deterioradas de diseño convencional. Dado el estado crítico de muchas edificaciones en la región y la falta de soluciones de reforzamiento avanzadas, esta investigación busca ofrecer una alternativa técnica y sostenible para mejorar la durabilidad y seguridad de las construcciones locales.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿De qué manera el empleo de fibra de carbono incide en el reforzamiento de elementos estructurales deteriorados de diseño convencional en edificaciones en la provincia de Azángaro 2024?



1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuál es la resistencia a compresión actual mediante la prueba de esclerómetro en elementos estructurales en edificaciones de la provincia de Azángaro?
- b. ¿Cómo es el diseño de mezclas de la resistencia actual de los elementos estructurales de edificaciones de la provincia de Azángaro?
- c. ¿Cuál es la variación de las resistencias a compresión y flexión obtenidas de los especímenes reforzados con fibras de carbono en la provincia de Azángaro?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la aplicación de fibra de carbono en el reforzamiento de elementos estructurales deteriorados de diseño convencional en edificaciones en la provincia de Azángaro 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar la resistencia a compresión actual mediante la prueba de esclerómetro en elementos estructurales en edificaciones de la provincia de Azángaro.
- b. Realizar el diseño de mezclas de la resistencia actual de los elementos estructurales de edificaciones de la provincia de Azángaro.
- c. Evaluar la variación de las resistencias a compresión y flexión obtenidas de los especímenes reforzados con fibras de carbono en la provincia de Azángaro.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación técnica

El reforzamiento de elementos estructurales con fibra de carbono es una técnica innovadora en el ámbito de la ingeniería, que ofrece ventajas significativas en comparación con métodos tradicionales de rehabilitación, como el uso de acero u otros materiales de



refuerzo. La fibra de carbono es un material ligero, de alta resistencia y durabilidad, que mejora la capacidad de carga y prolonga la vida útil de las estructuras deterioradas. Esta investigación es técnicamente relevante porque busca optimizar el uso de esta tecnología, ofreciendo un análisis detallado de su efectividad en edificaciones de diseño convencional.

1.4.2. Justificación económica

La implementación de métodos de reforzamiento estructural con fibra de carbono, aunque inicialmente puede implicar costos elevados, tiene el potencial de generar ahorros significativos a largo plazo. Al reducir la necesidad de demoliciones o reemplazos completos de estructuras deterioradas, se minimizan los costos asociados a la reconstrucción y se disminuyen las pérdidas económicas debido a interrupciones prolongadas en el uso de las edificaciones. Esta investigación es económicamente justificada porque evalúa una alternativa que permite reducir los gastos en mantenimiento y refuerzo, al tiempo que mejora la eficiencia y efectividad de las intervenciones estructurales.

1.4.3. Justificación social

Desde el punto de vista social, garantizar la seguridad estructural en edificaciones de la provincia de Azángaro es esencial para proteger a los usuarios y mejorar la calidad de vida en las comunidades urbanas. Esta investigación contribuye a reducir los riesgos asociados al deterioro de elementos estructurales, promoviendo el uso de técnicas de reforzamiento con fibra de carbono que aseguran la estabilidad de las estructuras. Al proporcionar una alternativa confiable y duradera para el reforzamiento, se busca disminuir los riesgos de colapsos o fallos estructurales, especialmente en áreas urbanas donde la rehabilitación y preservación de edificaciones es prioritaria.

1.4.4. Justificación ambiental



En el ámbito ambiental, el uso de materiales como la fibra de carbono en el reforzamiento estructural es una opción que reduce el impacto ambiental en comparación con la demolición y reconstrucción de edificaciones deterioradas. Esta técnica permite aprovechar y extender la vida útil de estructuras existentes, disminuyendo así el consumo de recursos naturales y la generación de escombros. Además, el uso de fibra de carbono como material de refuerzo implica una menor huella de carbono en el transporte y la instalación debido a su ligereza.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. *Hipótesis general*

La aplicación de fibra de carbono en el reforzamiento de elementos estructurales deteriorados de diseño convencional en edificaciones en la provincia de Azángaro 2024, aumentará considerablemente la resistencia.

1.5.2. *Hipótesis específicas*

- a. La resistencia a compresión actual mediante la prueba de esclerómetro en elementos estructurales en edificaciones de la provincia de Azángaro, no alcanzarán las resistencias esperadas del diseño inicial.
- b. El diseño de mezclas de la resistencia actual de los elementos estructurales de edificaciones de la provincia de Azángaro, será de aproximadamente 210 kg/cm².
- c. La variación de las resistencias a compresión y flexión obtenidas de los especímenes reforzados con fibras de carbono en la provincia de Azángaro, variarán considerablemente a favor de los concretos reforzados.

1.6. Variables e indicadores

1.6.1. *Variable independiente*

Fibra de carbono



Indicadores:

- Tipo de material.
- Método de aplicación.

1.6.2. Variable dependiente

Elementos estructurales deteriorados

Indicadores:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la flexión.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Fibra de carbono	La fibra de carbono es un material avanzado empleado para aumentar la resistencia, rigidez y durabilidad de estructuras deterioradas o con diseño convencional, permitiendo la rehabilitación sin incrementar significativamente el peso. Se aplica en forma de láminas, mallas o tejidos adheridos a elementos estructurales como vigas, columnas y muros, mejorando su capacidad para soportar cargas adicionales.	Uso de la fibra de carbono como material de refuerzo	Tipo de material de refuerzo Método de aplicación	Medición de parámetros estructurales
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Elementos estructurales deteriorados	Los elementos estructurales deteriorados son componentes de una construcción, como vigas, columnas, losas o muros, que han sufrido daños o pérdidas de sus propiedades mecánicas debido a factores como la exposición prolongada a cargas excesivas, condiciones ambientales agresivas, fatiga de materiales, corrosión, daños sísmicos o el envejecimiento natural.	Desempeño estructural de los elementos reforzados	Resistencia a compresión Resistencia a flexión	Esclerómetro Pruebas de compresión

Nota: Elaborado por el tesista.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Según, Ramírez (2023) en su tesis "Propuesta de reforzamiento estructural con fibra de carbón para el edificio Parque Santander, Villavicencio", Este documento propone una solución teórica para el reforzamiento estructural de las columnas del edificio Parque Santander en Villavicencio, mediante la implementación de la fibra de carbón el cual es un material apto para el reforzamiento estructural de elementos que están trabajando a compresión. Se realizaron ensayos de laboratorio experimentales guiados bajo la normativa americana ASTM C39 y cálculos teóricos según lo establecido en normativas de diseño para elementos compuestos con fibras como lo es ACI 440 2R. Los resultados de los laboratorios como de los cálculos teóricos son satisfactorios y se evidencia un incremento en la capacidad de resistencia de hasta un 185%. Con estos resultados se realiza un modelo matemático final donde se lleva a cabo una comparativa del funcionamiento de la edificación si se lleva a cabo el reforzamiento con fibra de carbón, de esta manera se formula una serie de soluciones teóricas donde el resultado sea adaptar la



edificación a lo dispuesto en el capítulo A.10 de la NSR-10 el cual se centra en las edificaciones construidas antes de la vigencia de la presente versión del reglamento.

Además, Pérez y Auquilla (2022) en su tesis "Estudio comparativo sobre el comportamiento de columnas y vigas de hormigón armado con y sin reforzamiento de fibra de carbono, de una estructura existente", En nuestra ciudad, existe escasa información sobre uso de la fibra de carbono (FRP) como refuerzo estructural, a pesar de ser un material altamente resistente a tracción. En Cuenca, el material típicamente usado para reforzamiento estructural es el acero de refuerzo. Por esta razón, el objetivo de la investigación fue comparar el reforzamiento estructural con fibra de carbono y acero estructural de una edificación existente en la ciudad. Se dimensionó la estructura en un programa de modelado y se les sometió a diferentes esfuerzos demostrando así los beneficios estructurales de la fibra de carbono. Además, se realizó una comparación de costos entre la estructura reforzada tradicionalmente con la misma estructura reforzada tradicionalmente sumado la aplicación de fibra de carbono.

Asimismo, Nogales y Yáñez (2019) en su tesis "Propuesta de reforzamiento estructural del edificio de la Facultad de Comunicación Social, de la Universidad Central del Ecuador", El presente trabajo tiene como objetivo proponer una alternativa de reforzamiento estructural con fibras sintéticas de carbono en función a lo dispuesto en la norma ACI 440.2R-08 en los bloques estructurales que conforman el edificio de la Facultad de Comunicación Social de la Universidad Central del Ecuador, conociendo que en un estudio preliminar se encontró deficiencias estructurales, por lo cual se realiza el análisis estático no lineal Push Over en conformidad al cumplimiento de los requisitos mínimos para estructuras de ocupación especial según la normativa (NEC-15), para evaluar su desempeño sísmico y de esta manera conocer los objetivos de rehabilitación que cumple actualmente. Se presenta el cálculo dispuesto en la normativa de fibras de carbono, observando el aumento de la resistencia en los elementos estructurales de hormigón



armado vigas (flexión y corte), en columnas (flexo compresión, corte y confinamiento). Finalmente conociéndose el aporte de la fibra de carbono en los elementos estructurales se procede a realizar el reforzamiento en los nudos de la estructura para conocer su respuesta global, determinando el cumplimiento del objetivo de rehabilitación de prevención al colapso para un sismo de 2500 años de periodo de retorno requerido para estructuras de ocupación especial.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según, Mendoza (2024) en su proyecto "Reforzamiento estructural con fibra de carbono para mejorar la resistencia de columnas en edificaciones en la urbanización Pedregal, Huaraz", La investigación está basada en demostrar mediante ensayos como una estructura puede ser reforzada con (CFRP), Para esta investigación se realizó el ensayo de esclerometría NTP 339.181:2013 para verificar si la estructura estaba en óptimas condiciones para realizar un reforzamiento estructural, donde nos detalla que en vigas tienen una vulnerabilidad alta, también se aplicó ensayos a flexión y compresión con concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$. En tanto a la resistencia promedio a compresión del concreto patrón, 28 días de edad sin recubrimiento, es de 204.77kg/cm^2 y para aplicando el recubrimiento con una fibra de carbono es de 249.50kg/cm^2 , aplicando dos capas de (CFRP) es 294.31kg/cm^2 y aplicando tres capas de (CFRP) es 362.34kg/cm^2 . Aplicando en las viguetas de concreto su resistencia a flexión concreto patrón de 28 días de edad, sin recubrimiento es de 36.08kg/cm^2 y para aplicando el recubrimiento con (CFRP) es de 48.11kg/cm^2 , aplicando dos capas de (CFRP) es 77.05kg/cm^2 y aplicando tres capas de (CFRP) es 84.88kg/cm^2 . Por consiente, el trabajo realizado es cuantitativo, enfocado en evaluar y analizar como el reforzamiento de concreto actúa frente a cargas a compresión y flexión. Finalmente se concluye que aplicando el recubrimiento de CBR en estructuras a compresión con es más resistente.



Además, Saavedra y Ortiz (2021) en su tesis "Análisis del desempeño estructural de la fibra de carbono empleada como reforzamiento de elementos estructurales de concreto armado, Lima", En respuesta a la creciente necesidad de reparar estructuras de concreto armado, han surgido nuevas tecnologías de reforzamiento estructural entre las cuales los polímeros reforzados con fibras de carbono de alta resistencia (CFRP). Generalmente estas nuevas solicitudes se presentan por el aumento en su carga de servicio en la estructura, problemas de durabilidad debido a materiales de construcción que no cumplieron estándares de calidad e inapropiados, cambios en el ambiente omitidos en el estudio y diseño inicial. La siguiente investigación tiene como objetivo principal determinar de qué manera influye la fibra de carbono empleada como reforzamiento en elementos estructurales de concreto armado. Para lo cual se analizarán vigas y columnas de concreto armado reforzadas con fibras de carbono (CFRP). Se analizará estudios de investigación con referencia al tema, mediante la recopilación y constatando con lo investigado. Finalmente se concluye a partir de los resultados de las investigaciones analizadas de resistencia a flexión y compresión se puede afirmar que utilizar fibras de carbono como reforzamiento aumenta las propiedades de los elementos. Este estudio de investigación demuestra como el reforzamiento estructural con fibra de carbono se emplea ante una mayor solicitud de resistencia, soluciona este requerimiento y no debilita a la estructura ni el funcionamiento y además el reforzamiento con fibra resulta más económico que el refuerzo mediante el encamisado.

Asimismo, Manrique y Paucar (2019) en su tesis "Uso de fibra de carbono en reforzamiento de estructuras de edificaciones, centro empresarial camino real, San Isidro", El objetivo de la tesis fue usar fibras de carbono en las vigas principales, viguetas de la losa aligerada y la losa maciza, que debido al cambio de uso del área de interés estaban en infradiseño, se realizó el presupuesto y cronograma de la intervención, además de compararlo con el reforzamiento de platina de acero. La empresa Repsol optó que el primer nivel sería utilizado como un Data Center al cual también se agregaron los equipos aire



acondicionado y el grupo electrógeno. En la tesis se utilizaron las pautas y fórmulas mostradas en la Norma Internacional ACI 440-2R17, en base a la norma se formuló una hoja de cálculo la cual nos permite incorporar el efecto del sismo para el diseño del reforzamiento para las vigas por flexión y esfuerzo de corte. Las fibras de carbono aumentan la resistencia a la tensión, mejora el confinamiento y aumenta la capacidad de cargas. La metodología de nuestra investigación fue experimental, de orientación aplicada y enfoque mixto. Con la aplicación del reforzamiento CFRP los elementos estructurales aumentaron sus momentos resistentes, sin que los efectos de fisura y el desprendimiento de la fibra de carbono se den según lo estipulado en la ACI 440 2R17, se usó vigas de acero estructural para solucionar las fallas de corte de las viguetas por la sobrecarga de los equipos. Los plazos de ejecución se vieron reducidos en un 20.48% comparado a un método tradicional a costa de un aumento de los costos de instalación.

Por otro lado, Huaitalla (2023) en su tesis "Evaluación de las alternativas de reforzamiento estructural con fibras de carbono o encamisado de concreto armado mediante la comparativa resistencia y costo de las columnas del centro comercial A, en Lima Metropolitana", Esta investigación consiste en evaluar las dos alternativas de reforzamiento estructural para columnas mediante la comparativa resistencia y costo. Estas alternativas de reforzamiento son el encamisado de concreto armado y el reforzamiento estructural con fibra de carbono (CFRP). Se tiene como objetivo determinar la alternativa más adecuada de reforzamiento estructural para las columnas existentes. El proyecto en estudio es un centro comercial ubicado en Lima. Este fue inaugurado por los años 80 y su estructuración tiene cuatro pisos y un sótano. Debido a la antigüedad de la construcción, la edificación requiere actualizar el diseño estructural bajo las normativas vigentes. En esta investigación se empleó el software ETABS 2020 para realizar el análisis estructural de las columnas, este tiene las combinaciones de cargas estipuladas en la norma para determinar que columnas deberán ser reforzadas. Estas exigencias se encuentran en el Reglamento Nacional de Edificaciones, como la norma E.020-Cargas,



E.030-Diseño Sismo Resistente y la E.060- Concreto Armado. Además, se ha revisado la norma ACI 440. 2R-17 que rige el reforzamiento de estructuras con fibra de carbono. Después de determinar las columnas a reforzar, se realiza el análisis económico y se estima el tiempo de ejecución de cada alternativa con el objetivo de elegir la más adecuada. Finalmente, concluyo utilizar fibra de carbono para el reforzamiento de las columnas. A pesar de ser una alternativa de mayor costo, se contrarresta con el tiempo de ejecución. Pues, el centro comercial requiere que sus operaciones comerciales no se paralicen.

Seguidamente, Olivera (2022) en su tesis "Uso de fibra de carbono como reforzamiento estructural en vigas de concreto armado", En los últimos años, con la aparición de nuevas metodologías de refuerzo para elementos estructurales de hormigón armado, más soluciones alternativas han surgido. Estas soluciones nos permiten "reforzar" elementos de hormigón armado que son sometidos a mayores cargas después de haber alcanzado su vida útil, lo que nos permite comparar las diversas alternativas que están disponibles en el mercado en términos de sus costos. Saber de antemano que las estructuras de hormigón armado presentan con frecuencia ciertas patologías estructurales que pueden ser causadas por errores de diseño, fallas de construcción, mala calidad de los materiales, cambio en el uso de la estructura, falta de mantenimiento, y otros factores; Todo esto puede conducir a un aumento en la carga final que la estructura está diseñada para soportar. Estas patologías aun aumentado la demanda de servicios de rehabilitación y mantenimiento de estructuras que sumados a los efectos ambientales han conllevado a optar por el reforzamiento de la estructura. , debido al elevado índice de ocurrencia de sismos, el reforzamiento estructural se viene utilizando desde varias décadas atrás. Es por ello que, surge la necesidad de realizar esta investigación con el objetivo de determinar de qué manera el uso de fibra de carbono influye en el reforzamiento estructural en vigas de concreto armado. Para tal fin, se optó por una metodología aplicada, con nivel explicativo y diseño experimental, los datos fueron recolectados aplicando la técnica del fichaje y de la observación a una muestra conformada por 24 diseños con distintas áreas de refuerzo



de fibra, el control se realizó en cuatro ocasiones a los 7,14,21 y 28 días. La investigación demostró que el refuerzo de estructuras haciendo uso de materiales compuestos por fibras de carbono aumenta considerablemente la resistencia a la flexión del elemento estructural. Llegándose a concluir que utilizar este material influye positivamente en el reforzamiento de un importante elemento estructural: las vigas de concreto, lo que quiere decir que esta aplicación aumentara las propiedades mecánicas y físicas del concreto armado.

Finalmente, Hilario (Hilario, 2022) en su tesis "Reforzamiento con fibra de carbono en elementos estructurales de albañilería confinada en viviendas unifamiliares, Carabayllo 2022" Esta investigación tuvo como objetivo general Analizar si el reforzamiento con la fibra de carbono influye como refuerzo en los elementos estructurales de albañilería confinada en vivienda unifamiliar, Carabayllo 2022; estableciéndose realizar los ensayos de granulometría, contenido de humedad, ensayo de diamantina y corte directo. Formulándose la metodología: su diseño de investigación fue experimental (cuasi), su tipo de investigación fue nivel explicativo, de enfoque cuantitativo. Sus resultados según los objetivos específicos al incorporar la fibra de carbono como reforzamiento estructural: el primer objetivo específico fue determinar si mejora los desplazamientos máximos sin fibra de carbono se tiene eje $x=0.0322$ cm con fibra de carbono disminuye $x=0.0308$ cm, el segundo objetivo específico fue determinar la mejora el momento de volteo tanto en dirección x en cómo y aumenta a un 0.25% que equivale a 571,258.458kg-m , el tercer objetivo específico fue determinar la mejora las distorsiones máximas sin fibra de carbono se tiene eje $y=0.000295$ cm con fibra de carbono disminuye $y=0.00231$ cm. Conclusión, la incorporación de la fibra de carbono mejora los desplazamientos, las distorsiones y sobre todo el momento de volteo de la estructura.



2.1.3. Antecedentes locales

En este aspecto no se encontraron antecedentes locales.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Reforzamiento estructural

El reforzamiento estructural es el proceso mediante el cual se mejoran las condiciones de resistencia, estabilidad y durabilidad de una estructura existente para garantizar su seguridad y funcionalidad en el tiempo. Las razones para llevar a cabo este tipo de intervención pueden variar ampliamente, desde el deterioro natural de los materiales por la exposición a elementos como la humedad y los cambios de temperatura, hasta la necesidad de adaptar el edificio a nuevas normativas sísmicas o de carga. También es común que, en edificios antiguos, el reforzamiento estructural permita adecuar la estructura a un uso diferente o soportar cargas adicionales.

Este proceso es fundamental ya que muchas estructuras construidas en épocas pasadas no cumplen con los estándares modernos de construcción y seguridad, lo cual representa un riesgo, especialmente en zonas de alta actividad sísmica. El reforzamiento estructural no solo implica la reparación de elementos dañados, sino también la optimización de la estructura para que esta pueda resistir cargas imprevistas o de naturaleza dinámica, como los terremotos. Esto puede implicar intervenciones en elementos específicos, como columnas, vigas y muros, o incluso la aplicación de sistemas avanzados de aislamiento sísmico.

Para ejecutar un reforzamiento estructural efectivo, se inicia con una evaluación exhaustiva de la estructura que permita determinar sus puntos vulnerables y los factores de riesgo específicos. A partir de esta evaluación, los ingenieros diseñan un plan de intervención que puede incluir la adición de materiales resistentes, como el acero o fibra de carbono, la reparación de grietas y daños, o la instalación de tecnologías modernas de absorción de energía sísmica. En algunos casos, también se opta por técnicas como el



postensado, que aplican fuerza en puntos específicos para distribuir mejor las cargas y evitar que recaigan en un solo punto.

Finalmente, el proceso de reforzamiento estructural debe llevarse a cabo bajo estricta supervisión para asegurar que cada material y técnica aplicada cumpla con los estándares de seguridad y calidad. Además, una vez finalizada la intervención, se realizan pruebas para verificar que la estructura haya alcanzado el nivel de resistencia necesario. El reforzamiento estructural es, en última instancia, una inversión en la seguridad de las personas y en la conservación de las construcciones, permitiendo que estas estructuras sigan siendo seguras y funcionales en el tiempo, incluso bajo condiciones adversas.

2.2.1.1. Finalidad del reforzamiento de estructuras en edificaciones

La finalidad principal del reforzamiento de estructuras en edificaciones es asegurar la seguridad, la estabilidad y la durabilidad de la construcción para proteger tanto a las personas que la habitan o utilizan como a los bienes que contiene. A lo largo del tiempo, las estructuras pueden deteriorarse por diversas causas, como la exposición a factores ambientales, el desgaste natural de los materiales, o el incremento de cargas debido a cambios en su uso. El reforzamiento permite restaurar o mejorar la capacidad de la estructura para soportar estas cargas y resistir condiciones imprevistas, como desastres naturales, específicamente terremotos, en zonas sísmicas.

Otra finalidad importante es la adaptación de las edificaciones a nuevas normativas y estándares de construcción, que suelen actualizarse para incluir mejores prácticas de seguridad estructural. Muchas construcciones antiguas no cumplen con los requerimientos actuales de resistencia, por lo que su reforzamiento es esencial para alcanzar los niveles de seguridad necesarios y reducir riesgos en situaciones de emergencia. Además, el reforzamiento estructural permite que los edificios se adapten a nuevos usos o funciones, como cuando un edificio de oficinas se convierte en uno residencial, lo que puede requerir soportar mayores cargas.



Por último, el reforzamiento de estructuras también busca la preservación del patrimonio arquitectónico e histórico. En el caso de edificaciones de valor cultural o histórico, el reforzamiento es fundamental para preservar su integridad estructural sin alterar sus características originales. En estos casos, las técnicas de reforzamiento se aplican de forma cuidadosa para mantener el valor y la autenticidad de la edificación, asegurando que pueda ser disfrutada por generaciones futuras. En conjunto, el reforzamiento estructural es clave para la sostenibilidad de las construcciones, la reducción de riesgos y la prolongación de la vida útil de las edificaciones.

2.2.1.2. Importancia del reforzamiento en edificaciones deterioradas

El reforzamiento de edificaciones deterioradas es fundamental por varias razones:

- **Seguridad estructural:** Las edificaciones con el paso del tiempo sufren deterioro en sus elementos estructurales, como columnas, vigas y losas, especialmente en zonas con alta exposición a la humedad, cambios de temperatura, contaminación o actividad sísmica frecuente. El reforzamiento permite reemplazar o fortalecer estos elementos para que la estructura recupere la capacidad de carga y la estabilidad original o incluso mejore. Esto es crucial para garantizar la seguridad de los ocupantes y evitar accidentes.
- **Prevención de colapsos:** Un deterioro sin intervención puede llevar al colapso parcial o total de una estructura, especialmente en edificaciones antiguas o construidas con materiales menos duraderos. El reforzamiento estructural actúa como una medida preventiva, que reduce la probabilidad de que se produzcan fallos catastróficos en el edificio. A través de técnicas como el refuerzo de pilares, el aumento de la sección de las vigas o la incorporación de sistemas de protección, se mejora la estabilidad y se mitigan los riesgos de fallas.
- **Extensión de la vida útil:** Las técnicas de reforzamiento no solo detienen el deterioro, sino que también mejoran las propiedades estructurales de la edificación, permitiendo que el edificio mantenga o recupere su capacidad de servicio. Esto es



especialmente valioso para edificaciones con valor arquitectónico, histórico o cultural, ya que evita la necesidad de demoler y reconstruir, preservando elementos únicos y característicos.

- **Adaptación a normativas sísmicas:** En muchas regiones, las normativas de construcción han evolucionado para mejorar la resistencia sísmica de las edificaciones. Esto significa que edificaciones construidas hace décadas pueden no cumplir con los requisitos actuales de seguridad. El reforzamiento permite adaptar estas estructuras a normativas modernas, incorporando métodos como el refuerzo con concreto de alta resistencia, sistemas de amortiguación o marcos de acero que permiten a la edificación resistir movimientos sísmicos de mayor magnitud. Esto es particularmente importante en zonas de alta actividad sísmica, donde el riesgo de colapso es mayor en estructuras antiguas.
- **Valor económico:** La inversión en reforzamiento estructural no solo conserva el valor de la propiedad, sino que puede incrementarlo, ya que garantiza que la edificación esté en condiciones adecuadas de seguridad y funcionalidad. Además, en el ámbito comercial, una edificación reforzada puede atraer a inquilinos o compradores que valoren la seguridad estructural y la modernización, lo cual beneficia económicamente al propietario. Asimismo, el costo de un reforzamiento suele ser menor que el de una reconstrucción total, lo que permite un ahorro significativo.
- **Conservación ambiental:** La demolición de edificaciones genera una gran cantidad de escombros y residuos que requieren gestión y tratamiento, lo cual impacta negativamente en el medio ambiente. Al optar por el reforzamiento en lugar de la demolición, se evita el consumo de nuevos materiales y la generación de residuos. Esto es particularmente importante en el contexto actual, en el que la sostenibilidad y el cuidado ambiental son factores clave en el sector de la

construcción. Reforzar una estructura existente es una opción más ecológica, que reduce la huella de carbono y promueve la reutilización de recursos.

En conclusión, el reforzamiento de edificaciones deterioradas no solo es una medida de seguridad, sino que representa una práctica sostenible y económica que prolonga la vida útil de las construcciones, adaptándolas a los estándares actuales y preservando el patrimonio cultural y arquitectónico. Esto aporta beneficios tanto para los propietarios y usuarios como para el medio ambiente, fortaleciendo la infraestructura de manera integral.

2.2.1.3. Tipos de reforzamiento

Existen varios tipos de reforzamiento para estructuras, los cuales se pueden clasificar según los materiales y técnicas utilizados. Estos tipos de reforzamiento se dividen en dos grandes categorías: reforzamiento convencional y reforzamiento avanzado. A continuación, se explican cada uno de ellos:

1. Reforzamiento convencional.

Son métodos tradicionales que se han usado ampliamente en el sector de la construcción. Incluyen técnicas que han sido probadas a lo largo del tiempo, aunque pueden ser menos eficaces en situaciones que requieren adaptaciones específicas, como resistencia a terremotos de alta magnitud o ambientes de alta corrosión.

- **Refuerzo con concreto adicional:** Consiste en agregar concreto adicional a los elementos estructurales, como columnas y vigas, para incrementar su capacidad de carga. Esta técnica se llama también “encamisado” o “sobrecimentación”.
- **Encamisado de acero:** Se envuelven los elementos estructurales, como columnas, con perfiles de acero. Esto aumenta la capacidad de carga y la rigidez de la estructura.



- **Inyección de grietas:** Consiste en inyectar resinas epóxicas o cementos especiales en grietas de concreto para restaurar la integridad estructural y evitar la propagación del daño.
- **Refuerzo mediante capas de concreto:** Añadir capas adicionales de concreto en muros o losas aumenta la rigidez y resistencia, especialmente en elementos delgados o que han perdido sección por el deterioro.
- **Refuerzo de unión:** Fortalece las uniones entre elementos estructurales (como la conexión entre columnas y vigas) mediante la adición de concreto, acero o pernos. Este tipo de refuerzo es crucial en zonas sísmicas.

2. Reforzamiento avanzado.

Estos métodos utilizan tecnologías modernas y materiales avanzados, como polímeros y compuestos, que ofrecen una mayor resistencia y durabilidad. Son especialmente útiles en situaciones donde los métodos convencionales no son suficientes o prácticos.

- **Reforzamiento con fibras de polímero reforzadas con fibra de carbono (FRP):** Se utilizan láminas o tejidos de fibra de carbono o vidrio, que se adhieren a la superficie de los elementos estructurales. Este refuerzo aumenta la resistencia sin incrementar considerablemente el peso de la estructura. Es comúnmente usado en vigas, columnas y losas para mejorar la resistencia a flexión y corte.
- **Amortiguadores sísmicos:** Se colocan en edificios para disipar la energía generada durante un terremoto, reduciendo el movimiento estructural y el daño. Estos sistemas de amortiguación pueden ser viscosos o metálicos, y son particularmente útiles en estructuras de gran altura o con alta exposición a movimientos sísmicos.
- **Refuerzo con materiales compuestos:** El uso de materiales compuestos, como polímeros reforzados con fibras, ofrece una alta resistencia a la corrosión y puede aplicarse en elementos estructurales en ambientes agresivos. Estos



materiales son ligeros y resistentes, por lo que resultan eficaces para reforzar sin añadir mucho peso.

- **Anclajes de alta resistencia:** Utilizan elementos de anclaje con aleaciones de alta resistencia o materiales especiales que aumentan la estabilidad y resistencia de elementos específicos, como losas o muros. Estos anclajes son clave en estructuras sometidas a altas cargas o donde se requiere una conexión sólida entre diferentes partes de la estructura.
- **Sistemas de aislamiento sísmico:** Estos sistemas se colocan entre la estructura y su base para reducir el movimiento transmitido durante un sismo. Los sistemas de aislamiento, como los aisladores de base, permiten que el edificio se mueva de manera controlada, minimizando el impacto de la energía sísmica en la estructura.

3. Otros métodos de reforzamiento.

Además de los métodos convencionales y avanzados, existen otras técnicas que pueden emplearse según el tipo de edificación y su entorno:

- **Reforzamiento con postensado:** Consiste en tensar cables de acero que se insertan en el concreto para mejorar su capacidad de carga. Es especialmente útil en puentes y estructuras de gran tamaño.
- **Reparación de juntas y conexiones:** En estructuras con uniones dañadas, es común reforzar las juntas o conexiones para mejorar la rigidez y la transmisión de carga entre elementos.
- **Refuerzo con concreto proyectado (Shotcrete):** Consiste en proyectar concreto a alta presión sobre una superficie deteriorada para reforzarla y aumentar su resistencia.

Tabla 2

Resumen de los tipos de reforzamiento

Tipo de reforzamiento	Ejemplos	Aplicaciones comunes
Convencional	Concreto adicional, encamisado de acero, inyección de grietas	Elementos de carga, reparaciones de grietas
Avanzado	FRP (fibras de carbono), amortiguadores sísmicos, materiales compuestos	Zonas sísmicas, estructuras con alta demanda de carga
Postensado y otros métodos	Postensado, shotcrete, refuerzo de conexiones	Puentes, estructuras deterioradas, conexiones debilitadas

Cada método tiene su aplicación específica según las necesidades de la estructura, las condiciones ambientales y las normativas locales. La elección del tipo de reforzamiento dependerá de los objetivos de durabilidad, resistencia y adaptabilidad de cada proyecto estructural.

2.2.1.4. Innovaciones en técnicas de reforzamiento

Las innovaciones en técnicas de reforzamiento estructural han evolucionado significativamente en los últimos años, impulsadas por la necesidad de mejorar la resiliencia de las edificaciones frente a desastres naturales, aumentar su durabilidad y adaptarse a las normativas de construcción actuales. A continuación, se presentan algunas de las innovaciones más destacadas en este campo.

a) Materiales de refuerzo avanzados.

Fibras de Polímero Reforzadas (FRP): Las fibras de carbono, vidrio y aramida están revolucionando el reforzamiento estructural. Estos materiales son extremadamente ligeros, tienen una alta resistencia a la tracción y ofrecen gran durabilidad en ambientes corrosivos. Su instalación es rápida y, al no aumentar significativamente el peso de la estructura, son ideales para reforzar edificios existentes sin comprometer la estabilidad.



Nanomateriales: El uso de nanopartículas en el concreto y otros materiales de construcción está en auge. Los nanomateriales, como el dióxido de titanio y el óxido de grafeno, mejoran la resistencia a la compresión y a la flexión del concreto, aumentando su durabilidad. Estos materiales pueden utilizarse en revestimientos para proteger el concreto de la corrosión y el desgaste, lo que contribuye a un reforzamiento más efectivo.

Aleaciones de memoria de forma (SMA): Las SMA, como las aleaciones de níquel-titanio, tienen la capacidad de recuperar su forma original después de ser deformadas. Estas aleaciones se están utilizando en el reforzamiento de estructuras para mejorar su resistencia a los terremotos, ya que pueden absorber y disipar la energía sísmica, protegiendo la estructura de deformaciones permanentes.

b) Técnicas de amortiguación y aislamiento sísmico.

Amortiguadores Sísmicos Avanzados: Los amortiguadores de última generación incluyen sistemas de amortiguación variable que ajustan su resistencia según la intensidad del sismo. También existen amortiguadores de fluidos magnetorreológicos, que cambian su viscosidad en respuesta a un campo magnético, proporcionando una amortiguación adaptativa que mejora la seguridad en zonas sísmicas.

Sistemas de Aislamiento Basal Activo: A diferencia de los sistemas de aislamiento sísmico tradicionales, los sistemas activos detectan el movimiento sísmico en tiempo real y ajustan su respuesta automáticamente. Estos sistemas pueden desacoplar el edificio del suelo y reducir el impacto de los movimientos sísmicos, proporcionando una mayor protección a la estructura.

c) Técnicas de Refuerzo con Impresión 3D.

Impresión 3D de Concreto para Refuerzos Estructurales: La impresión 3D se utiliza para crear elementos personalizados de concreto que se pueden añadir a las estructuras existentes. Esto permite reforzar áreas específicas con gran

precisión y reduce el tiempo y los costos de construcción, especialmente en edificaciones complejas o zonas de difícil acceso.

Refuerzos Modulares con Impresión 3D: Los sistemas modulares impresos en 3D pueden colocarse en secciones específicas de la estructura para mejorar la resistencia. Estos refuerzos modulares son ligeros, adaptables y fáciles de instalar, lo cual facilita el reforzamiento sin interrumpir las operaciones en el edificio.

d) Uso de sensores y monitoreo en tiempo real.

Sensores Inteligentes: La tecnología de sensores permite monitorear la salud estructural en tiempo real. Los sensores inteligentes pueden detectar cambios en la vibración, el desplazamiento y las tensiones de una estructura, lo que permite identificar áreas que requieren reforzamiento antes de que ocurra un daño significativo. Además, los sensores pueden integrarse en sistemas de reforzamiento, como los FRP, para evaluar su efectividad y durabilidad con el tiempo.

Internet de las Cosas (IoT): Los sensores IoT aplicados al monitoreo estructural transmiten datos en tiempo real sobre la condición de una estructura. Esta información permite tomar decisiones de mantenimiento preventivo y detectar problemas estructurales tempranos, optimizando el uso de recursos y aumentando la seguridad de la edificación.

e) Técnicas de refuerzo sostenible.

Concreto autorreparable: Este concreto contiene microcápsulas con agentes de curado que se activan cuando se forman grietas, llenándolas automáticamente y evitando que se propaguen. Esto reduce la necesidad de mantenimiento y prolonga la vida útil de la estructura, especialmente en zonas con alta exposición a la humedad o agentes corrosivos.

Materiales reciclados para reforzamiento: Cada vez más se están utilizando materiales reciclados, como residuos plásticos, fibras de caucho reciclado y cerámicos triturados, para reforzar el concreto y otros materiales de construcción.



Estos materiales reducen el impacto ambiental y pueden mejorar la resistencia del concreto frente a cargas y condiciones extremas.

f) Sistemas de refuerzo prefabricados y modulares.

Elementos prefabricados de refuerzo: Se están desarrollando sistemas de refuerzo modulares que se pueden fabricar fuera del sitio y luego instalar rápidamente en la estructura. Esto reduce el tiempo de instalación y permite que el reforzamiento sea menos invasivo, lo cual es ideal para edificios en uso continuo, como hospitales o centros comerciales.

Refuerzos modulares de acero y FRP: Estos sistemas permiten la instalación rápida y con pocas interrupciones en la estructura. Los módulos de acero y FRP se diseñan para adaptarse a diferentes configuraciones estructurales, y su instalación puede hacerse en secciones específicas para maximizar la resistencia sin alterar la estética o funcionalidad del edificio.

g) Reforzamiento mediante técnicas de bioingeniería.

Bioconcreto: Esta tecnología utiliza bacterias que producen carbonato de calcio para rellenar grietas de forma natural. El bioconcreto es una innovación en el campo de los materiales de construcción autorreparables, que aumenta la durabilidad de las estructuras y reduce los costos de mantenimiento a largo plazo. Es especialmente útil en ambientes húmedos y propensos a la corrosión.

h) Métodos de rehabilitación basados en análisis computacional avanzado.

Modelado de Información de Construcción (BIM) y Simulación Estructural: El uso de BIM y simulaciones avanzadas permite diseñar refuerzos precisos para una estructura antes de la intervención. Esto ayuda a evaluar la efectividad de diferentes técnicas de reforzamiento, optimizando el diseño y asegurando que la solución elegida sea la más adecuada.

Inteligencia Artificial y Aprendizaje Automático: La IA se utiliza para predecir el comportamiento estructural a largo plazo, identificar áreas de riesgo y recomendar técnicas de reforzamiento personalizadas. Mediante el análisis de datos históricos



y en tiempo real, la IA puede optimizar el diseño y monitoreo del reforzamiento, mejorando la seguridad y eficiencia.

2.2.2. Deterioro de estructuras

El deterioro de estructuras es el proceso gradual de degradación y pérdida de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales que componen una edificación o infraestructura. Este fenómeno es causado por diversos factores, tanto ambientales como estructurales, que van debilitando la integridad y la capacidad de la estructura para cumplir con sus funciones originales. Con el paso del tiempo, las estructuras están expuestas a un conjunto de agentes agresivos, tales como la humedad, la exposición a sustancias químicas corrosivas, cambios de temperatura, y la acción de cargas repetitivas o dinámicas, que van desgastando los materiales y afectando su resistencia y durabilidad.

El deterioro puede manifestarse de diferentes maneras, dependiendo de los materiales utilizados y las condiciones a las que está expuesta la estructura. En el caso del concreto, por ejemplo, los daños comunes incluyen la aparición de grietas, el desprendimiento de fragmentos (desconchado), la corrosión de las armaduras de acero, y la pérdida de cohesión en las superficies. En estructuras de acero, el deterioro suele manifestarse en forma de corrosión, deformaciones y pérdida de sección debido al desgaste. Estos daños afectan la capacidad de la estructura para soportar cargas y pueden llegar a representar un riesgo significativo para la seguridad si no se abordan a tiempo.

Además, el deterioro de estructuras también se ve afectado por el diseño y la construcción original. Una estructura que no fue correctamente diseñada para soportar ciertas cargas, o que fue construida sin cumplir con los estándares de calidad, será más vulnerable al deterioro. A esto se suma la falta de mantenimiento preventivo, ya que, sin intervenciones periódicas, las pequeñas fallas pueden convertirse en problemas mayores con el tiempo. De este modo, el deterioro estructural no solo es un proceso inevitable, sino que se ve acelerado en situaciones donde los materiales y la estructura no reciben un mantenimiento adecuado y oportuno.



El impacto del deterioro en una estructura es amplio, ya que no solo afecta su resistencia y estabilidad, sino que también incrementa los costos de reparación y mantenimiento, y en casos extremos, puede llevar a la inutilización o colapso de la misma. Las estructuras deterioradas pueden representar un riesgo para los ocupantes y los bienes materiales, especialmente en eventos como sismos o cargas extremas. Por ello, es crucial detectar y abordar los signos de deterioro a tiempo, implementando técnicas de rehabilitación y reforzamiento que prolonguen la vida útil de la estructura y garanticen la seguridad de sus usuarios.

2.2.2.1. Causas del deterioro de estructuras

El deterioro de estructuras es un proceso que resulta de la interacción de diversos factores que, con el tiempo, degradan la integridad de los materiales y afectan la capacidad de la estructura para soportar cargas. A continuación, se describen las principales causas de este deterioro:

❖ **Exposición a agentes ambientales.**

La exposición a condiciones ambientales como la humedad, la lluvia, la radiación solar, y los cambios de temperatura afectan considerablemente los materiales de construcción. La humedad, especialmente en zonas lluviosas o con alta humedad relativa, facilita la absorción de agua en los materiales, lo que puede provocar el debilitamiento del concreto, la corrosión de las armaduras de acero y el crecimiento de microorganismos en ciertas superficies. Las variaciones de temperatura, por otro lado, causan dilataciones y contracciones en los materiales, generando tensiones internas que pueden producir grietas o deformaciones.

❖ **Corrosión de armaduras y elementos metálicos.**

La corrosión es uno de los problemas más comunes en estructuras que contienen elementos de acero, como en el caso del concreto armado. Este proceso ocurre principalmente cuando el acero está expuesto a humedad o agentes químicos, como el dióxido de carbono o sales (cloruros). La corrosión genera productos de



óxido de hierro que ocupan un mayor volumen que el acero original, lo que provoca la expansión y, consecuentemente, el agrietamiento del concreto que lo rodea. Este deterioro compromete la resistencia y durabilidad de la estructura.

❖ **Cargas excesivas o mal distribuidas.**

Las estructuras están diseñadas para soportar una cantidad específica de cargas, y cualquier sobrecarga puede llevar a su deterioro prematuro. Las cargas excesivas, como el peso adicional debido a modificaciones o equipos pesados, provocan tensiones que superan la capacidad de los materiales, generando deformaciones, grietas o colapsos parciales. Asimismo, la distribución desigual de las cargas puede producir puntos de concentración de esfuerzo que aceleran el deterioro en ciertas áreas.

❖ **Falta de mantenimiento preventivo.**

La falta de un programa de mantenimiento adecuado es una causa común de deterioro. Las inspecciones periódicas y el mantenimiento preventivo permiten identificar y reparar a tiempo pequeñas fallas que, de no ser atendidas, pueden convertirse en problemas mayores. Sin embargo, muchas estructuras no reciben el mantenimiento adecuado, especialmente aquellas de propiedad pública o con restricciones de presupuesto, lo que incrementa su vulnerabilidad a daños severos.

❖ **Factores Químicos y Contaminación.**

La exposición a agentes químicos agresivos, como gases industriales, ácidos o sales, provoca la degradación de los materiales. En áreas urbanas e industriales, las estructuras suelen estar expuestas a altos niveles de contaminación que aceleran el deterioro, especialmente en el concreto y los metales. Los ácidos presentes en el aire pueden reaccionar con los materiales, debilitándolos y favoreciendo la aparición de grietas, corrosión y otros daños.

❖ **Efectos de Fenómenos Naturales.**

Los fenómenos naturales, como terremotos, inundaciones, huracanes o fuertes vientos, también contribuyen al deterioro de las estructuras. Los terremotos, por



ejemplo, generan movimientos bruscos que afectan las uniones y conexiones de una estructura, provocando desplazamientos, agrietamientos y deformaciones. Las inundaciones pueden generar humedad persistente, mientras que los vientos fuertes ejercen cargas adicionales y generan desgaste en los materiales externos.

❖ **Mal diseño o deficiencias en la construcción.**

Un diseño inadecuado o errores en la construcción pueden hacer que una estructura sea más susceptible al deterioro. La falta de cumplimiento de las normativas, el uso de materiales de baja calidad o técnicas de construcción incorrectas comprometen la capacidad estructural desde el principio. Asimismo, un diseño que no considera las condiciones ambientales locales (como el nivel de sismicidad o la corrosión en zonas costeras) puede provocar un deterioro acelerado.

❖ **Erosión y desgaste mecánico.**

La erosión y el desgaste son causados por la acción física de elementos externos sobre la superficie de la estructura. En puentes y carreteras, el tránsito constante de vehículos produce desgaste en las superficies de concreto y asfalto. En zonas costeras, el viento cargado de partículas de arena o el impacto de las olas erosiona los materiales, afectando su durabilidad. Este tipo de deterioro es común en infraestructuras expuestas a condiciones de alto tráfico o ambientes naturales extremos.

❖ **Actividades de uso y modificaciones.**

Las modificaciones en el uso de una estructura, como la adición de nuevas plantas o cambios en la distribución interna, pueden incrementar las cargas y cambiar la dinámica estructural, afectando la estabilidad y resistencia de la edificación. Además, en ciertos casos, el uso intensivo de algunas áreas (como en edificios comerciales o industriales) genera un desgaste acelerado de los materiales.

❖ Factores biológicos.

Organismos como hongos, moho, líquenes y bacterias pueden degradar los materiales en ambientes húmedos o en zonas donde hay poco mantenimiento. Estos organismos afectan principalmente los materiales porosos, como el concreto o la madera, produciendo manchas, debilitando las superficies y provocando el desprendimiento de partículas.

2.2.2.2. Consecuencias del deterioro estructural

El deterioro de estructuras tiene numerosas consecuencias que afectan tanto la seguridad de sus ocupantes como el valor y funcionalidad de la edificación. A continuación, se detallan las principales consecuencias del deterioro estructural:

- **Reducción de la seguridad estructural.**

Una de las consecuencias más graves del deterioro es la pérdida de la capacidad estructural de los materiales, lo que compromete la seguridad de la edificación. Con el tiempo, la aparición de grietas, la corrosión de las armaduras y la degradación de los materiales disminuyen la resistencia de los elementos de carga, aumentando el riesgo de colapsos parciales o totales. Esto es especialmente peligroso en zonas de alta sismicidad o en edificaciones que soportan grandes cargas, como puentes o edificios altos. La reducción en la seguridad estructural pone en riesgo la vida de las personas que utilizan la infraestructura y eleva el potencial de accidentes graves.

- **Costos de reparación y mantenimiento elevados.**

El deterioro que no se aborda a tiempo suele empeorar, lo que implica que las reparaciones necesarias para restaurar la estructura sean más costosas y complejas. Las intervenciones que inicialmente podrían ser de bajo costo, como la reparación de grietas menores o el tratamiento de áreas corroídas, pueden convertirse en proyectos de rehabilitación mayor, que requieren más tiempo, recursos y personal especializado. Además, el deterioro severo puede implicar el



reemplazo de componentes estructurales completos, lo cual es significativamente más costoso que el mantenimiento preventivo.

- **Pérdida de funcionalidad.**

Las estructuras deterioradas pierden su capacidad de cumplir con sus funciones originales de manera adecuada. Por ejemplo, un puente con elementos corroídos o una carretera con pavimento desgastado no solo representa un riesgo para los usuarios, sino que también puede ser intransitable o limitar el tipo de cargas que puede soportar. En edificios, el deterioro puede causar problemas como el cierre de áreas específicas, limitando el uso del espacio y afectando la eficiencia operativa de empresas, instituciones o servicios esenciales que se encuentren en la estructura.

- **Disminución del valor de la propiedad.**

Las edificaciones que presentan signos evidentes de deterioro, como grietas, manchas de humedad, deformaciones o corrosión, pierden valor en el mercado inmobiliario. La pérdida de valor no solo afecta a los propietarios de las edificaciones deterioradas, sino también a las propiedades cercanas, especialmente en áreas residenciales o comerciales. La apariencia deteriorada de una estructura disminuye su atractivo, y los potenciales compradores o inquilinos pueden rechazarla debido al riesgo de seguridad y los posibles gastos de reparación.

- **Interrupción de servicios y operaciones.**

En infraestructuras críticas, como hospitales, escuelas, puentes, y redes de transporte, el deterioro puede provocar interrupciones en los servicios y operaciones. Por ejemplo, una estructura deteriorada que representa un riesgo para los usuarios puede tener que cerrarse temporal o permanentemente, lo que afecta a las personas que dependen de ella. Las interrupciones de servicios son especialmente críticas en infraestructuras públicas, ya que pueden generar retrasos, pérdida de productividad y dificultades para la comunidad.



- **Riesgo para la salud.**

En algunos casos, el deterioro de una estructura puede afectar la salud de los ocupantes. Las filtraciones de agua y la humedad, por ejemplo, crean condiciones favorables para el crecimiento de moho, hongos y otros microorganismos que pueden provocar problemas respiratorios y alergias. Además, el desprendimiento de materiales, como pintura o fragmentos de concreto, puede generar polvo o partículas peligrosas. En estructuras con materiales antiguos, como el asbesto, el deterioro puede liberar sustancias tóxicas que incrementan el riesgo de enfermedades graves.

- **Aumento de la vulnerabilidad a desastres naturales.**

Las estructuras deterioradas son menos capaces de resistir fenómenos naturales como terremotos, inundaciones, vientos fuertes o tormentas. En zonas sísmicas, por ejemplo, el daño acumulado en los elementos estructurales puede hacer que un edificio no soporte las fuerzas sísmicas, aumentando el riesgo de colapso. La falta de capacidad estructural frente a desastres naturales no solo representa un peligro para la estructura en sí, sino también para la vida de las personas y los bienes en su interior.

- **Impacto ambiental.**

El deterioro de estructuras puede tener un impacto ambiental negativo. Cuando una estructura se vuelve irrecuperable debido al deterioro, es común que se opte por su demolición y reconstrucción, lo que genera residuos de construcción y demolición que requieren gestión. Además, la reconstrucción implica el uso de nuevos materiales y energía, aumentando la huella de carbono. Si en lugar de prevenir el deterioro se permite que avance hasta un punto irreversible, se contribuye al desperdicio de recursos y al incremento de los residuos.

- **Impacto en la imagen y credibilidad.**

Para empresas e instituciones, el deterioro visible en sus instalaciones puede afectar su imagen y credibilidad ante clientes, usuarios o la comunidad en general.

Las edificaciones en mal estado transmiten una impresión de descuido y falta de profesionalismo, lo que puede afectar la reputación y disminuir la confianza de los clientes. En el caso de entidades gubernamentales, la falta de mantenimiento adecuado en infraestructuras públicas puede ser percibida como negligencia, afectando la credibilidad ante la población.

- **Desalojos o reubicación de los ocupantes.**

En casos de deterioro avanzado, las autoridades pueden determinar que una estructura no es segura para ser habitada o utilizada, ordenando el desalojo o reubicación de los ocupantes. Esta medida puede causar inconvenientes y costos adicionales, ya que las personas y empresas afectadas deberán encontrar alternativas temporales o permanentes. El desalojo debido al deterioro puede ser especialmente problemático en edificios residenciales, donde las familias se ven obligadas a abandonar su hogar, o en infraestructuras esenciales que deben cerrar sus servicios.

2.2.2.3. Importancia del mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo es fundamental para garantizar la seguridad, durabilidad y eficiencia de las estructuras e infraestructuras. A través de una serie de actividades programadas, el mantenimiento preventivo busca identificar y corregir problemas en las primeras etapas de su desarrollo, evitando que pequeños defectos se conviertan en problemas mayores. A continuación, se detallan las razones por las que el mantenimiento preventivo es crucial:

- a) **Prolongación de la vida útil de la estructura:** El mantenimiento preventivo permite que las estructuras mantengan sus propiedades y capacidad de carga a lo largo del tiempo. Al identificar y corregir el desgaste de materiales, la corrosión, las grietas y otros problemas menores, se reduce el deterioro progresivo y se alarga la vida útil de la edificación. Esto es especialmente importante en infraestructuras



de gran valor económico y funcional, como puentes, hospitales y edificios históricos.

- b) Garantía de seguridad para los usuarios:** Las estructuras que reciben mantenimiento preventivo tienen un menor riesgo de fallos estructurales, lo que protege a los ocupantes y usuarios de accidentes y peligros. El mantenimiento permite detectar a tiempo problemas en los elementos de carga, uniones y conexiones, que podrían provocar colapsos parciales o totales. En zonas sísmicas, el mantenimiento preventivo es especialmente relevante, ya que asegura que la estructura mantenga su resistencia y flexibilidad para soportar los movimientos sísmicos.
- c) Reducción de costos a largo plazo:** Si bien el mantenimiento preventivo implica una inversión constante, a largo plazo resulta más económico que hacer frente a reparaciones mayores o incluso a la reconstrucción de la estructura. Al corregir problemas en sus primeras etapas, se evitan intervenciones de emergencia que suelen ser más costosas y complejas. Además, al reducir la frecuencia y magnitud de las reparaciones necesarias, se optimizan los recursos y se minimizan los costos operativos.
- d) Preservación del valor de la propiedad:** Las edificaciones que reciben mantenimiento regular tienden a mantener o incluso incrementar su valor en el mercado. Un inmueble en buen estado es más atractivo para compradores o inquilinos potenciales, y los propietarios pueden justificar precios de venta o renta más altos. Por el contrario, una edificación deteriorada pierde valor rápidamente y puede tener dificultades para ser vendida o alquilada.
- e) Mayor confiabilidad y funcionamiento continuo:**

En infraestructuras esenciales, como hospitales, escuelas, redes de transporte y edificios industriales, el mantenimiento preventivo asegura el funcionamiento continuo de los servicios, evitando interrupciones costosas o perjudiciales. Al



anticipar problemas y abordarlos antes de que afecten la operación, se garantiza que la estructura pueda cumplir con su propósito de manera confiable y eficiente.

- f) Cumplimiento de normativas y requisitos legales:** En muchas jurisdicciones, existen normativas que obligan a los propietarios a realizar inspecciones y mantener las edificaciones en condiciones seguras. El mantenimiento preventivo permite cumplir con estos requisitos legales y evitar multas, sanciones y problemas legales. Además, el cumplimiento normativo es un requisito esencial en sectores como la construcción, la salud y el transporte, donde la seguridad es prioritaria.
- g) Reducción del impacto ambiental:** El mantenimiento preventivo es una práctica sostenible, ya que evita la generación de desechos y el consumo de recursos que implica la reparación o reemplazo de estructuras deterioradas. Al extender la vida útil de una edificación, se reduce la necesidad de demoler y reconstruir, lo cual contribuye a minimizar la huella de carbono y el uso de materiales nuevos. De esta manera, el mantenimiento preventivo apoya la conservación del medio ambiente.
- h) Detección temprana de problemas ocultos:** Muchas veces, los problemas estructurales no son visibles en sus primeras etapas. Las inspecciones periódicas realizadas en el mantenimiento preventivo permiten detectar daños ocultos, como corrosión en el acero de refuerzo o humedad en el interior del concreto. La detección temprana es esencial para implementar medidas correctivas a tiempo y evitar que el daño progrese a un punto donde sea irreversible o requiera intervenciones costosas.
- i) Incremento de la resiliencia frente a desastres naturales:** Una estructura bien mantenida es más capaz de resistir eventos como terremotos, inundaciones y huracanes. El mantenimiento preventivo asegura que los elementos estructurales y de protección (como los sistemas de amortiguación sísmica o los sistemas de drenaje) estén en óptimas condiciones, aumentando la resiliencia de la edificación. Esto reduce el riesgo de pérdidas materiales y humanas en caso de desastres naturales.



- j) **Mejora de la calidad del ambiente interior:** El mantenimiento preventivo también incluye la gestión de aspectos no estructurales que afectan el bienestar de los ocupantes, como la ventilación, el aislamiento térmico y el control de humedad. Esto es importante para evitar la acumulación de moho, hongos y otros contaminantes que pueden afectar la salud de las personas. Una estructura bien mantenida proporciona un ambiente interior más saludable, cómodo y seguro.

2.2.3. *Fibras de carbono*

La fibra de carbono es un material compuesto de filamentos extremadamente finos de átomos de carbono, que se agrupan y retuercen para formar un hilo, el cual puede ser utilizado solo o como refuerzo en otros materiales, generalmente en polímeros. Estos filamentos de carbono se caracterizan por su alta resistencia a la tracción y rigidez, lo cual los hace ideales para aplicaciones estructurales en ingeniería y construcción. Además, la fibra de carbono es notablemente ligera, con una densidad considerablemente menor a la de otros materiales como el acero o el aluminio, lo que la convierte en una opción preferida en situaciones donde la reducción de peso es crítica. Este material también posee una excelente resistencia a la corrosión, lo que amplía su vida útil en condiciones ambientales adversas y reduce los costos de mantenimiento a largo plazo. (Baquer, 2021).

En el campo del reforzamiento estructural, la fibra de carbono se aplica principalmente para mejorar la capacidad de carga y la durabilidad de estructuras de concreto, mampostería y acero. Los sistemas de refuerzo con fibra de carbono consisten en láminas o tejidos de fibra que se adhieren a la superficie de la estructura existente utilizando resinas epoxi, creando un compuesto que aumenta la resistencia y rigidez de la estructura original sin incrementar significativamente su peso. Este refuerzo es especialmente útil en proyectos de rehabilitación de infraestructura, como puentes, edificios y túneles, que requieren una mejora en la resistencia estructural sin una intervención destructiva. Además, debido a su flexibilidad, la fibra de carbono permite adaptarse a formas complejas y, al ser un material compuesto, puede soportar cargas tanto

en compresión como en tensión, complementando las propiedades del concreto o el acero que refuerza.

El uso de fibra de carbono en el reforzamiento estructural también presenta beneficios en términos de velocidad y facilidad de aplicación, lo que reduce el tiempo de interrupción de servicio en proyectos de rehabilitación. Las intervenciones con fibra de carbono, por lo general, no requieren una demolición extensa ni alteran las dimensiones visibles de la estructura, permitiendo un refuerzo más estético y menos invasivo. Además, la fibra de carbono es resistente a los cambios térmicos y ambientales, lo cual ayuda a preservar la integridad estructural en condiciones de exposición extrema. En consecuencia, la fibra de carbono se ha convertido en una opción popular y efectiva para el reforzamiento estructural, siendo un material que permite extender la vida útil de las construcciones y mejorar su desempeño sin comprometer su diseño ni funcionalidad.

Figura 1

Fibra de carbono



2.2.3.1. Características de la fibra de carbono

La fibra de carbono se destaca por una serie de características que la hacen única y valiosa para aplicaciones estructurales y de alto rendimiento. Estas son algunas de sus propiedades principales:



- **Alta resistencia a la tracción:** La fibra de carbono tiene una resistencia a la tracción significativamente superior a la de muchos otros materiales, incluyendo el acero, lo cual significa que puede soportar cargas elevadas sin deformarse ni romperse. Esto la hace ideal para aplicaciones donde la durabilidad y la capacidad de carga son cruciales.
- **Bajo peso:** Este material es extremadamente ligero en comparación con otros materiales de refuerzo, como el acero. Su baja densidad permite reducir el peso total de las estructuras reforzadas, siendo de gran ventaja en aplicaciones donde la ligereza es esencial, como en aeronáutica, automovilismo, y construcción civil.
- **Alta rigidez:** La fibra de carbono posee una gran rigidez o módulo de elasticidad, lo que le permite resistir deformaciones bajo carga, contribuyendo a la estabilidad de las estructuras en las que se usa como refuerzo. Esto es clave para mantener la integridad estructural y minimizar las deformaciones en aplicaciones de ingeniería.
- **Resistencia a la corrosión y a los agentes químicos:** A diferencia del acero, la fibra de carbono es inherentemente resistente a la corrosión y no se ve afectada por la exposición a diversos productos químicos. Esto extiende la vida útil de las estructuras reforzadas con fibra de carbono, especialmente en ambientes agresivos o húmedos, reduciendo la necesidad de mantenimiento.
- **Baja expansión térmica:** La fibra de carbono tiene un coeficiente de expansión térmica bajo, lo cual significa que se expande o contrae muy poco con los cambios de temperatura. Esto permite mantener las dimensiones y forma de los componentes reforzados en condiciones de temperatura variables, siendo ideal para aplicaciones donde la estabilidad dimensional es crucial.
- **Alta durabilidad y estabilidad en el tiempo:** La fibra de carbono es extremadamente duradera y no se degrada fácilmente con el paso del tiempo. Esta estabilidad permite que las estructuras reforzadas mantengan sus propiedades mecánicas durante muchos años, incluso en condiciones ambientales adversas.



- **Flexibilidad en el diseño:** Se puede producir en diversas formas, como láminas, tejidos y barras, permitiendo una adaptación fácil a estructuras complejas. Esto facilita el refuerzo de superficies y formas irregulares sin comprometer la eficacia del material como refuerzo.
- **Propiedades de conductividad térmica y eléctrica:** La fibra de carbono puede ser conductiva, lo cual, aunque en algunas aplicaciones puede ser una desventaja, también abre oportunidades en aplicaciones donde se requiere disipación de calor o propiedades conductoras.

Estas características hacen de la fibra de carbono un material excepcional en términos de eficiencia y versatilidad, posicionándola como una solución innovadora y efectiva en el ámbito del reforzamiento estructural.

2.2.3.2. Prpiedades físicas y mecánicas de la fibra de carbono

Las propiedades físicas y mecánicas de la fibra de carbono son fundamentales para entender su rendimiento y efectividad en el reforzamiento estructural. A continuación, se describen sus principales propiedades en este contexto:

Propiedaes físicas:

- **Densidad baja:** La fibra de carbono tiene una densidad de aproximadamente 1.6 g/cm³, lo cual es mucho menor en comparación con el acero (7.8 g/cm³). Esto permite reducir significativamente el peso de las estructuras reforzadas, haciendo que sean más ligeras sin comprometer su resistencia, lo cual es ideal en aplicaciones donde el peso es un factor crítico.
- **Coeficiente de expansión térmica bajo:** La fibra de carbono tiene un coeficiente de expansión térmica cercano a cero o incluso negativo en algunas variedades. Esto significa que, al aplicarse en refuerzos estructurales, es capaz de soportar variaciones de temperatura sin deformarse o expandirse, garantizando una mayor estabilidad en ambientes donde los cambios térmicos son frecuentes.



- **Conductividad térmica y eléctrica:** Las fibras de carbono son conductoras, aunque la magnitud de esta conductividad puede variar dependiendo de su composición y disposición. En términos estructurales, esta propiedad puede ser útil en situaciones donde se requiere disipación de calor, pero en otras aplicaciones puede ser necesario implementar barreras o recubrimientos aislantes.
- **Resistencia a la corrosión:** La fibra de carbono es prácticamente inmune a la corrosión, incluso cuando se expone a ambientes agresivos como humedad, químicos o sales. En estructuras de concreto reforzadas, esto representa una ventaja significativa, ya que ayuda a prolongar la vida útil de las construcciones sin riesgo de deterioro por oxidación o corrosión.

Propiedades mecánicas:

- **Alta resistencia a la tracción:** La fibra de carbono tiene una resistencia a la tracción de entre 3,500 y 6,000 MPa, lo cual es considerablemente más alto que el acero estructural. Esta propiedad es clave en el reforzamiento estructural, ya que permite mejorar la capacidad de carga de las estructuras, ayudando a soportar mayores esfuerzos sin romperse.
- **Alto módulo de elasticidad (rigidez):** Su módulo de elasticidad puede variar entre 200 y 800 GPa, lo cual le proporciona una gran rigidez. Esto significa que la fibra de carbono se deforma muy poco bajo carga, manteniendo la integridad estructural y minimizando las deflexiones en estructuras de concreto, acero o madera cuando se usa como refuerzo.
- **Resistencia a la fatiga y durabilidad:** La fibra de carbono es altamente resistente a la fatiga y mantiene su integridad mecánica durante ciclos repetidos de carga y descarga, a diferencia de otros materiales que pueden perder resistencia con el tiempo. Esta propiedad es esencial en aplicaciones de reforzamiento estructural, especialmente en puentes y otras infraestructuras sometidas a cargas cíclicas.

- **Capacidad de absorción de energía:** La fibra de carbono es capaz de absorber y disipar una gran cantidad de energía antes de romperse. En aplicaciones de reforzamiento estructural, esta propiedad mejora la capacidad de la estructura para soportar impactos o vibraciones, lo cual es particularmente beneficioso en zonas sísmicas o en construcciones sometidas a vibraciones constantes.
- **Capacidad de conformación y flexibilidad de diseño:** Aunque la fibra de carbono es muy rígida en su estado final, sus láminas y tejidos pueden adaptarse a superficies curvas e irregulares antes de su endurecimiento. Esto permite su aplicación en refuerzos que requieren flexibilidad en el diseño, garantizando un acoplamiento óptimo con la geometría de la estructura reforzada.

2.2.3.3. Tipos de fibra de carbono

Existen varios tipos de fibra de carbono, clasificados principalmente en función de sus propiedades mecánicas, su proceso de fabricación y su uso en aplicaciones específicas. A continuación se presentan los tipos más comunes y sus características en el contexto de reforzamiento estructural:

1. Fibra de carbono de alto módulo (HM, por sus siglas en inglés).

Características: Este tipo de fibra de carbono tiene un módulo de elasticidad muy alto, generalmente superior a los 300 GPa, lo que le otorga una rigidez extrema. Sin embargo, debido a su alta rigidez, es más frágil y menos resistente al impacto en comparación con otras fibras.

Aplicación: Es ideal para situaciones donde se necesita gran estabilidad y poca flexibilidad, como en aplicaciones estructurales de precisión que requieren resistencia a la deformación, especialmente en refuerzos que no estarán expuestos a vibraciones o impactos fuertes.

2. Fibra de carbono de alta resistencia (HR).

Características: Estas fibras presentan una gran resistencia a la tracción (superior a los 4,000 MPa) y buena durabilidad, lo cual las hace más resistentes a cargas

cíclicas y repetitivas. Aunque tienen un menor módulo de elasticidad que las fibras de alto módulo, ofrecen una buena combinación de resistencia y flexibilidad.

Aplicación: Se utilizan principalmente en refuerzos estructurales donde es crucial soportar grandes cargas sin romperse. Es ideal para estructuras que enfrentan ciclos de carga constantes, como puentes y edificaciones en zonas sísmicas.

3. Fibra de carbono de módulo intermedio (IM).

Características: Con un módulo de elasticidad intermedio entre la fibra de alta resistencia y la de alto módulo, estas fibras ofrecen un equilibrio entre rigidez y resistencia. Su resistencia a la tracción es alta, aunque inferior a las fibras de alta resistencia.

Aplicación: Este tipo de fibra es común en refuerzos estructurales de uso general, ya que puede soportar cargas elevadas y resistir deformaciones moderadas. Es una opción versátil que se adapta bien a muchas aplicaciones estructurales en construcción civil.

4. Fibra de carbono de alto módulo y alta resistencia (UHM).

Características: Estas fibras ofrecen tanto una gran resistencia a la tracción como un alto módulo de elasticidad, combinando lo mejor de las fibras de alto módulo y alta resistencia. Sin embargo, suelen ser más costosas y menos comunes que otras fibras.

Aplicación: Son ideales para aplicaciones de alto rendimiento donde se requiere tanto resistencia como rigidez extrema. Se usan en refuerzos estructurales avanzados y en proyectos de infraestructura crítica donde se necesita un nivel excepcional de desempeño.

5. Fibra de carbono tipo PAN (Poliacrilonitrilo).

Características: La fibra de carbono fabricada a partir de PAN es la más común y tiene una excelente combinación de resistencia a la tracción y módulo de elasticidad. Generalmente, el proceso de fabricación mediante PAN permite obtener fibras de alta resistencia y de módulo intermedio.



Aplicación: Se utiliza en la mayoría de los refuerzos estructurales, especialmente en aplicaciones de construcción civil, debido a su disponibilidad, propiedades equilibradas y costo relativamente accesible.

6. Fibra de carbono tipo pitch (Brea).

Características: Estas fibras se fabrican a partir de brea de petróleo o carbón y ofrecen un módulo de elasticidad más alto que las fibras de PAN. Aunque son más rígidas, suelen ser menos resistentes y más frágiles, lo que limita sus aplicaciones en ciertos refuerzos estructurales.

Aplicación: Son ideales para aplicaciones donde se necesita alta rigidez, como en componentes estructurales sometidos a bajos esfuerzos de tensión. En refuerzos de construcción se utiliza con menos frecuencia, principalmente para aplicaciones de estabilidad dimensional.

7. Fibra de carbono híbrida.

Características: Estas fibras son una combinación de fibra de carbono con otros materiales, como la fibra de vidrio o aramida. Las propiedades de la fibra de carbono se complementan con las características de los otros materiales, creando un material compuesto que puede ofrecer un equilibrio de propiedades como resistencia, flexibilidad y absorción de impactos.

Aplicación: En refuerzos estructurales, las fibras híbridas pueden ser útiles para soportar vibraciones y resistir impactos sin perder rigidez. Son comunes en aplicaciones donde se necesita amortiguar las vibraciones, como en puentes y estructuras que reciben cargas dinámicas.

8. Fibra de carbono unidireccional (UD) y Bidireccional

Características: La fibra unidireccional está orientada en una sola dirección y es muy resistente en esa dirección específica, mientras que la bidireccional tiene fibras tejidas en dos direcciones perpendiculares. Esto permite adaptarse a diferentes tipos de cargas y mejorar la resistencia multidireccional.



Aplicación: La fibra unidireccional es ideal para refuerzos específicos en una sola dirección de carga, mientras que la bidireccional se utiliza en aplicaciones donde se requieren resistencias en múltiples direcciones, como en refuerzos de superficies y estructuras complejas.

2.2.3.4. Ventajas del uso de fibra de carbono

El uso de fibra de carbono en el reforzamiento de estructuras presenta numerosas ventajas que lo convierten en una alternativa preferida en la rehabilitación y mejora de infraestructuras. Estas son algunas de las principales ventajas:

- Alta resistencia a la tracción: Aumenta la capacidad de carga de las estructuras sin añadir volumen.
- Bajo peso: Permite reforzar estructuras sin incrementar significativamente el peso total.
- Excelente resistencia a la corrosión: Ideal para ambientes agresivos o húmedos, lo que reduce el mantenimiento a largo plazo.
- Alta durabilidad: Mantiene sus propiedades mecánicas y físicas a lo largo del tiempo.
- Flexibilidad de aplicación: Disponible en varias formas (láminas, tejidos, barras), lo que facilita su aplicación en estructuras complejas.
- Rapidez de instalación: Proceso de aplicación simple y rápido, reduciendo el tiempo de inactividad de la estructura.
- Mínima alteración de dimensiones: No modifica significativamente el tamaño ni la apariencia de los elementos reforzados.
- Reducción de costos de mantenimiento: Resistente a la corrosión y de alta durabilidad, disminuye la necesidad de intervenciones futuras.
- Capacidad para soportar cargas dinámicas: Adecuada para estructuras sometidas a vibraciones y en zonas sísmicas.



- Amigable con el medio ambiente: Duradera y menos invasiva, genera menos desperdicio que otros métodos de refuerzo.
- Adaptabilidad en proyectos de rehabilitación: Ideal para reforzar estructuras existentes sin intervenciones destructivas, preservando la integridad de edificios históricos o infraestructuras antiguas.

Estas ventajas hacen de la fibra de carbono una excelente opción para el reforzamiento estructural, mejorando la resistencia, durabilidad y sostenibilidad de las infraestructuras.

2.2.3.5. Limitaciones y desventajas de las fibras de carbono

Aunque la fibra de carbono ofrece muchas ventajas en el reforzamiento de estructuras, también presenta algunas limitaciones y desventajas a tener en cuenta:

- Costo elevado: La fibra de carbono es considerablemente más costosa que otros materiales de refuerzo, como el acero. Su proceso de producción y los materiales necesarios para la aplicación (resinas y adhesivos) pueden aumentar significativamente los costos del proyecto.
- Dificultad en la aplicación en superficies húmedas: La instalación de fibra de carbono requiere que las superficies estén secas y libres de humedad. En entornos con alta humedad o condiciones desfavorables, el proceso de adhesión puede verse comprometido, lo que afecta la eficacia del refuerzo.
- Fragilidad ante impactos: Aunque la fibra de carbono es muy resistente a la tracción, es frágil y vulnerable a daños por impacto. Esto puede limitar su uso en áreas donde se espera que el refuerzo esté expuesto a golpes o impactos fuertes.
- Complejidad en la reparación o modificación: Una vez instalada, la fibra de carbono es difícil de remover o modificar sin dañar la estructura base. Esto limita la flexibilidad para realizar ajustes posteriores y puede requerir una planificación exhaustiva antes de la instalación.



- Dependencia de la calidad del adhesivo: La eficacia del refuerzo depende en gran medida de la calidad de los adhesivos utilizados para fijar la fibra de carbono a la superficie. Adhesivos de baja calidad o una aplicación incorrecta pueden reducir drásticamente la efectividad del refuerzo.
- Limitada resistencia al fuego: La fibra de carbono es sensible a altas temperaturas y puede degradarse cuando se expone al fuego o calor extremo. Para aplicaciones en edificios donde la resistencia al fuego es una preocupación, puede ser necesario añadir recubrimientos protectores, lo que incrementa los costos y complejidad del proyecto.
- Requiere mano de obra especializada: La instalación de fibra de carbono para reforzamiento estructural requiere de técnicos capacitados, ya que una mala aplicación puede comprometer la eficacia del refuerzo. La falta de personal especializado puede ser una limitación en ciertas regiones.
- Limitaciones de diseño: La fibra de carbono es más efectiva en aplicaciones de refuerzo en tensión, pero su efectividad puede ser limitada en aplicaciones de compresión sin soporte adecuado. Esto puede limitar su uso en algunos elementos estructurales.
- Poca ductilidad: La fibra de carbono es un material rígido y tiene poca capacidad de deformación antes de romperse, lo que puede ser una desventaja en estructuras que requieren una mayor flexibilidad o absorción de deformaciones.
- Consideraciones ambientales y de reciclaje: La fibra de carbono no es fácilmente reciclable, y el desecho de este material puede plantear desafíos ambientales a largo plazo, especialmente en proyectos que buscan soluciones sostenibles.

Estas limitaciones deben considerarse cuidadosamente al planificar el uso de fibra de carbono en el reforzamiento de estructuras para asegurar que su aplicación sea viable, segura y rentable.



2.2.4. Aplicación de la fibra de carbono en elementos estructurales

Aquí te explico las técnicas de aplicación de fibra de carbono en columnas, vigas y muros, cada una adaptada para mejorar la capacidad estructural de estos elementos de acuerdo con sus necesidades específicas:

a) Columnas.

En columnas, la técnica de envolvimiento o confinamiento es una de las más utilizadas. Consiste en envolver la columna con láminas de fibra de carbono en sentido horizontal, formando una especie de "faja" que aumenta su resistencia a la compresión y mejora su ductilidad. Esto es especialmente efectivo en zonas sísmicas, ya que incrementa la capacidad de la columna para absorber energía sin romperse. Además del envolvimiento horizontal, se pueden aplicar tiras de fibra de carbono en sentido vertical (refuerzo longitudinal) para soportar cargas específicas en columnas muy altas o de secciones grandes. Ambas técnicas buscan incrementar la estabilidad de la columna, ya sea a través del confinamiento del concreto o mediante el refuerzo en el sentido de las cargas.

b) Vigas.

Para reforzar vigas, se emplean varias técnicas según la carga y el tipo de esfuerzo que se desea mejorar. Una de las más comunes es el refuerzo de flexión, donde se coloca la fibra de carbono en la parte inferior de la viga para resistir la tensión generada por cargas superiores. Esto incrementa la capacidad de carga de la viga y reduce la deflexión bajo esfuerzos pesados. En cuanto al refuerzo de corte, se aplica fibra de carbono en las caras laterales de la viga, en sentido inclinado o en forma de U, lo cual mejora su capacidad para resistir esfuerzos cortantes y evita que la viga se deforme lateralmente. Otra técnica es el refuerzo envolvente, donde se cubre la viga en su totalidad o en forma de U, proporcionando un refuerzo integral que protege tanto contra la flexión como el corte.

c) Muros.

En muros, la fibra de carbono se utiliza principalmente para mejorar la resistencia al corte y aumentar la rigidez. Para ello, se pueden aplicar tiras de fibra de carbono en áreas específicas del muro, como en las esquinas y alrededor de aberturas, donde los esfuerzos cortantes suelen ser mayores. Esto ayuda a reducir fisuras y a mejorar la estabilidad ante fuerzas laterales. Otra técnica común es el refuerzo multidireccional, que consiste en aplicar láminas de fibra de carbono en ambas direcciones (vertical y horizontal) para formar una malla sobre el muro. Esto refuerza el muro contra esfuerzos en ambas direcciones, lo cual es ideal en zonas sísmicas. Por último, el confinamiento perimetral en muros de carga implica colocar fibra de carbono en el perímetro del muro, creando un "marco" que incrementa la capacidad de carga del muro y mejora su estabilidad general.

Estas técnicas de aplicación permiten adaptar la fibra de carbono a diferentes tipos de elementos estructurales, incrementando su resistencia y durabilidad en función de las necesidades específicas de cada estructura.

2.2.5. Edificaciones de diseño convencional

Las edificaciones de diseño convencional son aquellas estructuras que se construyen siguiendo normas y procedimientos constructivos estandarizados y comúnmente aceptados en el ámbito de la ingeniería y la arquitectura. Estas edificaciones utilizan materiales y métodos de construcción tradicionales, como concreto armado, acero, mampostería y madera, aplicados de acuerdo con las normativas y códigos locales de construcción. El diseño convencional sigue principios básicos de seguridad estructural, funcionalidad y economía, con el objetivo de crear edificaciones seguras y adecuadas para su uso previsto, ya sea residencial, comercial, industrial o institucional.

En el diseño convencional, las características de los materiales y los sistemas estructurales se seleccionan basándose en cálculos y análisis estándar que permiten predecir el comportamiento de la edificación frente a las cargas habituales, tales como el peso propio, las cargas vivas, el viento y, en algunos casos, la actividad sísmica. Estas



construcciones se diseñan para cumplir con los requisitos mínimos de resistencia, estabilidad y durabilidad, asegurando que el edificio sea capaz de soportar su uso normal y los factores ambientales durante un periodo prolongado de tiempo. Esto permite a los ingenieros y arquitectos seguir un proceso de diseño y construcción eficiente, con un bajo grado de personalización, lo cual también ayuda a reducir costos y tiempos de ejecución en comparación con otros tipos de diseño más complejos o especializados.

Además, las edificaciones de diseño convencional suelen ser más fáciles de mantener y reparar, ya que emplean materiales y sistemas constructivos ampliamente disponibles en el mercado. La estandarización en los procesos de construcción y en los elementos estructurales facilita las labores de mantenimiento y reparación, ya que los componentes pueden ser reemplazados o reparados sin requerir conocimientos especializados o materiales inusuales. Sin embargo, este tipo de diseño puede ser menos eficiente o adecuado en situaciones que requieren soluciones avanzadas, como construcciones en zonas de alta sismicidad, grandes alturas, o donde se necesiten materiales innovadores o sostenibles para cumplir con requisitos específicos de rendimiento o impacto ambiental.

En resumen, las edificaciones de diseño convencional se caracterizan por seguir metodologías de diseño y construcción probadas y estandarizadas, que se ajustan a las normativas vigentes y emplean materiales y técnicas de uso común. Este tipo de diseño permite construir edificaciones funcionales, seguras y duraderas, aunque con menor flexibilidad para responder a condiciones o exigencias excepcionales.

2.2.5.1. Características de las edificaciones de diseño convencional

Las edificaciones de diseño convencional presentan varias características clave que las distinguen en el ámbito de la construcción. A continuación, se describen sus principales atributos:

- a) **Uso de materiales comunes:** Las edificaciones de diseño convencional suelen construirse con materiales tradicionales y ampliamente disponibles, como concreto



- armado, acero, mampostería y madera. Estos materiales son conocidos por su durabilidad y por cumplir con los requisitos estructurales básicos, lo que facilita la adquisición y el suministro a un costo razonable.
- b) Estándares de diseño y construcción:** Estas construcciones siguen normas y códigos de construcción estandarizados, establecidos por las entidades reguladoras de cada región. Estas normas aseguran que la estructura cumpla con los requisitos mínimos de seguridad, resistencia y durabilidad, garantizando una edificación adecuada para su uso.
 - c) Sistemas estructurales simples:** Las edificaciones de diseño convencional suelen emplear sistemas estructurales simples, como muros de carga, columnas, vigas y losas de concreto. Este tipo de sistemas es fácil de construir y ofrece una estructura resistente y estable, adecuada para cargas y condiciones ambientales habituales.
 - d) Funcionalidad y practicidad:** Estas edificaciones están diseñadas para cumplir funciones específicas de manera práctica y eficiente. Su diseño suele estar orientado a satisfacer las necesidades básicas de sus usuarios, ya sea en construcciones residenciales, comerciales, o institucionales, sin complicaciones arquitectónicas o estructurales adicionales.
 - e) Eficiencia en costos y tiempos de ejecución:** Al seguir metodologías estandarizadas y utilizar materiales y sistemas constructivos comunes, el diseño convencional permite una construcción relativamente rápida y económica. Los costos de materiales, mano de obra y tiempo de ejecución son generalmente menores en comparación con proyectos de diseño especializado o innovador.
 - f) Facilidad de mantenimiento y reparación:** Estas edificaciones son fáciles de mantener y reparar, ya que los materiales y componentes utilizados son comunes y accesibles. Esto permite a los propietarios realizar reparaciones y mantenimientos regulares sin necesidad de contratar especialistas o adquirir materiales costosos o personalizados.

- g) Durabilidad y resistencia estructural básica:** Las edificaciones de diseño convencional están diseñadas para soportar cargas estructurales y condiciones ambientales básicas, como el peso propio, cargas vivas, viento y, en algunos casos, actividad sísmica moderada. Esto garantiza que la edificación tenga una vida útil prolongada y sea segura para su uso previsto.
- h) Limitada adaptabilidad a exigencias específicas:** Aunque el diseño convencional cumple con los estándares de seguridad y funcionalidad, puede ser menos flexible frente a requerimientos especiales, como altos niveles de resistencia sísmica, gran altura o demandas de sostenibilidad. Esto limita su aplicación en proyectos que requieren innovación estructural o alta personalización.
- i) Enfoque en la simplicidad del diseño:** Las edificaciones de diseño convencional priorizan diseños simples y racionales, generalmente sin detalles arquitectónicos o estructurales complejos. Esto las hace accesibles para un público amplio, ya que el diseño y la construcción se orientan a la funcionalidad básica y la seguridad.

En conjunto, estas características permiten que las edificaciones de diseño convencional se adapten bien a una amplia gama de usos, desde residenciales hasta comerciales e institucionales, proporcionando construcciones seguras, económicas y prácticas. Sin embargo, su limitada flexibilidad y adaptación a condiciones especiales pueden hacerlas menos idóneas en proyectos que requieran innovaciones estructurales o estéticas avanzadas.

2.2.5.2. Impacto del diseño convencional en la sostenibilidad de edificios

El diseño convencional de edificios tiene un impacto considerable en la sostenibilidad de las construcciones, tanto en aspectos positivos como negativos. A continuación se detallan algunos de los principales efectos de este tipo de diseño en la sostenibilidad:

- 1. Uso intensivo de materiales no renovables:** Las edificaciones de diseño convencional suelen construirse con materiales como concreto, acero y ladrillos,

cuya producción implica un uso intensivo de recursos naturales no renovables y genera una cantidad significativa de emisiones de dióxido de carbono. Por ejemplo, la fabricación de cemento, uno de los componentes clave del concreto, es una de las principales fuentes de emisiones de CO₂ a nivel mundial. Esto hace que los edificios de diseño convencional tengan una huella de carbono considerable durante su construcción.

2. **Generación de residuos y desperdicios:** El diseño convencional, al seguir métodos de construcción estándar, suele generar grandes cantidades de residuos durante la fase de construcción. Estos desperdicios incluyen escombros, fragmentos de concreto, metal, y embalajes de materiales, que contribuyen al problema de los residuos sólidos en los vertederos. Además, los procesos de construcción convencionales no siempre implementan estrategias de reciclaje o reutilización de materiales.
3. **Consumo energético en la vida útil:** Los edificios de diseño convencional generalmente carecen de sistemas avanzados de eficiencia energética y dependen de sistemas tradicionales de calefacción, refrigeración e iluminación. Esto aumenta el consumo energético durante su operación y contribuye a un mayor gasto de recursos y generación de emisiones a lo largo de su vida útil. La falta de técnicas pasivas de climatización, como la orientación adecuada, el uso de materiales aislantes y sistemas de ventilación natural, también incrementa la dependencia de energía no renovable.
4. **Impacto en el ciclo de vida del edificio:** Las edificaciones de diseño convencional suelen estar pensadas para cumplir con requisitos estructurales y funcionales mínimos y tienen una vida útil determinada. Esto implica que, una vez que el edificio llega al final de su ciclo de vida, es necesario demolerlo y construir nuevas estructuras, lo que resulta en un ciclo continuo de uso intensivo de materiales y energía. Esto contrasta con enfoques de diseño sostenible que buscan extender la vida útil de los edificios mediante materiales duraderos y estructuras adaptables.



5. **Menor adaptabilidad a energías renovables:** Las edificaciones convencionales no suelen integrar sistemas de energía renovable, como paneles solares, turbinas de viento o sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales, desde su diseño inicial. Esto dificulta la transición hacia una operación más sostenible, ya que los edificios convencionales no están optimizados para integrar tecnologías de energía limpia sin modificaciones o adaptaciones adicionales, lo cual puede ser costoso.
6. **Escasas estrategias de eficiencia hídrica:** El diseño convencional no suele considerar técnicas de eficiencia en el uso del agua, como la reutilización de aguas grises o sistemas de captación de agua de lluvia. Esto significa que estos edificios dependen principalmente del suministro de agua potable para todas sus necesidades, lo cual genera una mayor demanda de este recurso vital y afecta la sostenibilidad hídrica, especialmente en zonas donde el agua es limitada.
7. **Contribución al calentamiento urbano:** Las edificaciones de diseño convencional, especialmente en entornos urbanos, suelen tener superficies reflectantes o materiales que absorben el calor, como el concreto y el asfalto, lo que contribuye al efecto de "isla de calor urbana". Esto no solo afecta la calidad de vida de los habitantes, sino que también incrementa la necesidad de refrigeración en climas cálidos, lo que a su vez aumenta el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero.

2.3. Marco conceptual

a. Deterioro.

El deterioro es el proceso de desgaste, daño o pérdida de calidad que experimenta un objeto, material, condición o estado con el tiempo debido a factores como el uso, el paso del tiempo, la exposición a condiciones ambientales adversas o la falta de mantenimiento. Este proceso puede afectar tanto a estructuras físicas como a condiciones psicológicas, relaciones o estados de salud, resultando en un



empeoramiento de las características originales, funcionalidad o estética del elemento o situación en cuestión.

b. Diseño convencional.

El diseño convencional se refiere a un enfoque estándar o tradicional en la creación de productos, estructuras o sistemas, que sigue normas, prácticas y especificaciones comúnmente aceptadas en el campo correspondiente. En ingeniería y construcción, un diseño convencional implica el uso de materiales y métodos de trabajo ampliamente probados y documentados, siguiendo lineamientos establecidos por códigos y normativas vigentes.

c. Edificaciones.

Las edificaciones son construcciones diseñadas y construidas para albergar actividades humanas, como viviendas, oficinas, centros educativos, hospitales y espacios comerciales, entre otros. Estas estructuras pueden variar en tamaño, diseño y materiales según su función, ubicación y necesidades específicas. Las edificaciones no solo deben cumplir con normas de seguridad y funcionalidad, sino también con criterios de sostenibilidad, eficiencia energética y confort.

d. Elementos estructurales.

Los elementos estructurales son componentes fundamentales de una edificación o estructura que soportan y distribuyen las cargas, garantizando su estabilidad, seguridad y resistencia. Incluyen partes como cimientos, columnas, vigas, muros de carga, losas y techos, que trabajan en conjunto para soportar tanto el peso propio de la estructura como las cargas externas, como el viento, la nieve o el peso de los ocupantes y mobiliario. Cada elemento cumple una función específica en la estructura general, y su diseño y dimensionamiento son esenciales para asegurar la durabilidad y funcionalidad de la construcción.



e. Estructuras.

Las estructuras son sistemas organizados de elementos interconectados que se combinan para soportar cargas y mantener la estabilidad y forma de una construcción o edificación. Su diseño permite distribuir de manera efectiva las fuerzas y tensiones, garantizando la resistencia y durabilidad de la obra frente a factores externos como el peso, el viento, el sismo, y otros. Las estructuras se componen de elementos como vigas, columnas, pilares, muros de carga y cimientos, cada uno con funciones específicas.

f. Fibra de carbono.

La fibra de carbono es un material compuesto formado por filamentos extremadamente finos de átomos de carbono, alineados en una estructura cristalina que le confiere una alta resistencia y rigidez en relación con su peso. Este material se destaca por su bajo peso, gran resistencia a la tensión y excelente durabilidad, lo que lo convierte en una elección ideal en aplicaciones donde se requiere alta resistencia con poco peso, como en la industria aeroespacial, automotriz, deportiva y de construcción.

g. Reforzamiento estructural.

El reforzamiento estructural es el proceso de mejorar la capacidad de resistencia y estabilidad de una estructura existente para que pueda soportar mayores cargas, resistir mejor las fuerzas externas (como sismos o vientos) o cumplir con normas de seguridad actualizadas. Este proceso implica la utilización de técnicas y materiales específicos, como la adición de elementos estructurales, la aplicación de fibra de carbono o el uso de concreto reforzado, para aumentar la rigidez y la durabilidad de la construcción.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación

Según Creswell y Creswell (2017), El diseño de la investigación es el esquema detallado que orienta y estructura el desarrollo del estudio, asegurando que cada etapa del proceso esté alineada con los objetivos y preguntas de investigación.

El diseño de la investigación es de tipo **experimental**, ya que se realizarán pruebas controladas en laboratorio para evaluar el desempeño de elementos estructurales reforzados con fibra de carbono. Se manipularán variables independientes, como el tipo y cantidad de fibra aplicada, y se observarán los efectos sobre las propiedades mecánicas de los elementos (variables dependientes).

3.2. Método de la investigación

El método de investigación es el conjunto de procedimientos y técnicas sistemáticas utilizadas para recolectar, analizar e interpretar datos en función de los objetivos planteados en un estudio. El método de investigación establece el camino que seguirá el investigador para obtener datos fiables y responder las preguntas de investigación,



asegurando la rigurosidad y la validez de los resultados en el contexto del estudio. (Hernandez y Baptista, 2014).

El método empleado será el método **científico**, el cual se basa en un enfoque sistemático que incluye la observación, formulación de hipótesis, experimentación y análisis de resultados para responder a las preguntas de investigación. Este método garantiza un proceso lógico y estructurado, permitiendo validar o refutar las hipótesis planteadas sobre el uso de fibra de carbono en el reforzamiento estructural, a través de pruebas controladas y la interpretación objetiva de los datos obtenidos.

3.3. Nivel y tipo de la investigación

3.3.1. Nivel de la investigación

El nivel de la investigación se refiere al grado de profundidad con el que se aborda el objeto de estudio, y determina el tipo de conocimiento que se busca obtener. La elección del nivel depende de los objetivos y el conocimiento previo sobre el tema, permitiendo construir conocimiento de manera progresiva. (Hernandez y Baptista, 2014).

El nivel de la investigación es **explicativo**, ya que no solo se busca describir el comportamiento de los elementos estructurales reforzados, sino también entender y analizar las causas detrás de los resultados obtenidos. Esto permitirá establecer fundamentos técnicos que expliquen cómo y por qué la fibra de carbono mejora el desempeño estructural de los elementos deteriorados.

3.3.2. Tipo de la investigación

El tipo de investigación se refiere a la clasificación del estudio según su propósito, enfoque y el método que emplea para alcanzar sus objetivos. La elección del tipo de investigación se realiza según las metas del estudio, el contexto y la naturaleza del problema investigado, asegurando que los métodos sean los más adecuados para obtener resultados válidos y relevantes. (Hernandez y Baptista, 2014).



La investigación es de tipo **aplicada**, ya que su objetivo principal es generar conocimientos que puedan ser implementados directamente en el reforzamiento estructural de edificaciones. Se busca resolver una problemática práctica relacionada con la rehabilitación de estructuras, contribuyendo al desarrollo de técnicas más efectivas y sostenibles en el sector de la construcción.

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Esta población representa el universo al que se pretende generalizar los hallazgos de la investigación. Dependiendo del tipo de estudio, puede tratarse de personas, organizaciones, productos, documentos, entre otros. Dado que, en muchos casos, resulta impráctico estudiar a toda la población, suele seleccionarse una muestra representativa de la misma para obtener datos confiables y aplicables a la totalidad. (Creswell & Creswell, 2017).

La población para este estudio se tomó todas las edificaciones de diseño convencional deterioradas en la provincia de Azángaro que podrían beneficiarse del reforzamiento estructural con fibra de carbono.

3.4.2. Muestra

La muestra de la investigación es un subconjunto representativo de la población total que se selecciona para estudiar y analizar en un proyecto de investigación. Este grupo es elegido mediante métodos específicos (como el muestreo aleatorio, estratificado o por conveniencia) para garantizar que refleje las características de la población de manera precisa y, de este modo, permitir la generalización de los resultados obtenidos. (Hernandez y Baptista, 2014).

La muestra de la investigación está constituida por un conjunto representativo de edificaciones seleccionadas mediante muestreo no probabilístico por conveniencia,

considerando aquellas estructuras accesibles para realizar la observación y análisis en el contexto de la investigación.

La selección específica puede incluir, por ejemplo:

- Antigüedad de la construcción.
- Estado actual de las estructuras.

3.5. Técnicas e instrumentos

3.2.1. Técnicas

Las técnicas de la investigación son los métodos específicos utilizados para recolectar, analizar e interpretar datos que permitan responder a las preguntas o hipótesis planteadas en un estudio. Según (Creswell & Creswell, 2017), la elección de las técnicas depende del tipo de investigación, el enfoque metodológico y los objetivos, garantizando que los datos sean pertinentes, válidos y útiles para el análisis y la interpretación de los resultados.

La investigación de este tema se desarrolló utilizando las siguientes técnicas:

- **Observación directa.**

Se utilizó para evaluar el estado actual de los elementos estructurales deteriorados en las edificaciones seleccionadas y para observar el proceso de aplicación de la fibra de carbono en los elementos reforzados. Esta técnica permitirá recolectar información visual y descriptiva sobre las condiciones iniciales y los cambios en las estructuras tras el reforzamiento.

- **Medición de parámetros estructurales.**

Se empleó para evaluar cuantitativamente la resistencia, durabilidad y otros parámetros relevantes antes y después del reforzamiento con fibra de carbono. Las mediciones permitirán obtener datos precisos y objetivos sobre el desempeño de las estructuras reforzadas.

- **Análisis documental.**

Consiste en la revisión de documentos técnicos, manuales, normas y estudios previos relacionados con el uso de fibra de carbono en reforzamiento estructural. Esta técnica es clave para fundamentar la investigación teóricamente y comparar los resultados obtenidos con otras investigaciones.

3.2.2. *Instrumentos*

Los instrumentos de la investigación son herramientas específicas diseñadas para recolectar datos de manera sistemática y precisa en un estudio. Estos instrumentos permiten captar la información necesaria para responder a las preguntas de investigación y suelen estar adaptados al tipo de datos que se busca obtener. Según (Hernandez y Baptista, 2014), la selección y diseño del instrumento adecuado es crucial, ya que su precisión y validez afectan directamente la calidad de los datos obtenidos y, por ende, la validez de los resultados de la investigación.

Tanto en el estudio propiamente dicho como a lo largo del proceso de investigación se emplearon los siguientes instrumentos:

- **Fichas de observación.**

Para la observación directa, se utilizaron fichas de observación diseñadas para registrar detalles específicos del deterioro estructural, el tipo de daño presente y las características del entorno de cada edificación. Las fichas incluyeron secciones para anotar el estado inicial, el proceso de reforzamiento y los cambios observados.

- **Equipos de medición de resistencia (esclerómetro, pruebas de compresión).**

Estos instrumentos permitieron medir la resistencia a la compresión de los elementos estructurales antes y después de la aplicación de fibra de carbono. El esclerómetro, por ejemplo, es útil para evaluar la dureza del concreto en campo, mientras que las pruebas de compresión pueden ofrecer una evaluación más precisa de la resistencia.

- **Cámaras fotográficas.**

Estos instrumentos se usarán para documentar visualmente el estado inicial de las estructuras y el proceso de aplicación de fibra de carbono, facilitando un análisis visual comparativo y detallado de los cambios. Las fotografías y grabaciones pueden complementarse con las observaciones anotadas en las fichas.

3.6. Procedimiento de recolección de datos

3.3.1. *Desarrollo del plan de investigación*

Una vez realizada la recolección y procesamiento de datos se inició la etapa del análisis de los resultados:

Etapas I: Recolección de datos de las edificaciones de la provincia de Azángaro.

a) Ubicación de las edificaciones.

Las edificaciones que se evaluaron se encuentran ubicadas en la provincia de Azángaro, y sus accesos son a través de los entornos de dicha provincia que son de fácil acceso.

Las edificaciones cuentan con los siguientes datos:

Tabla 3

Edificaciones tomadas para este estudio

Nº	Edificaciones	Ubicación
1	Colegio Nacional Pedro Vilcapaza	Jr. Tupac Amaru
2	Teatro Municipal de Azángaro	Jr. Azángaro
3	Mercado Pedro Vilcapaza	JR. Pedro Vilcapaza

Nota: Adaptado de la recolección de datos.

La tabla 7, presenta una selección de edificaciones que han sido seleccionadas para este estudio. Estas instituciones fueron cuidadosamente seleccionadas para llevar a cabo un análisis exhaustivo de sus elementos estructurales, teniendo en cuenta los deterioros de los elementos estructurales de dichas edificaciones. El objetivo de este análisis es identificar debilidades estructurales y proponer soluciones que mejoren su seguridad, priorizando aquellas que puedan ser implementadas con eficacia en distintos entornos.

Figura 2

Ubicación del Colegio Nacional Pedro Vilcapaza



Nota: Colegio Pedro Vilcapaza, tomado de Google Maps.

b) Descripción arquitectónica de los bloques seleccionados.

Para este estudio, las instituciones educativas se eligieron en función de diversos criterios, entre los cuales destaca la antigüedad de las construcciones, priorizando aquellas edificaciones más vulnerables ante un eventual sismo. Adicionalmente, se realizó una evaluación exhaustiva de las aulas con mayor exposición al riesgo sísmico, con el fin de identificar las áreas que requieren intervenciones más urgentes. Los bloques seleccionados fueron organizados según sus deficiencias estructurales, tomando en cuenta tanto su disposición arquitectónica como las condiciones del terreno donde se encuentran. A continuación, se detallan los bloques estudiados y los criterios específicos de selección para cada uno.

Tabla 4*Instituciones educativas tomadas para el presente estudio*

Nº	Institución educativa	Bloques	Descripción	Área construida (m ²)
1	Colegio Nacional Pedro Vilcapaza	Bloque I	2 aulas en el 1er piso	450.80
		Bloque II	2 aulas en el 2do piso	
		Bloque III	1 aula en el 1er piso	
2	Teatro municipal de Azángaro	Bloque I y II	1 aulas en el 1er y 2do piso	1225.40
		Bloque III	2 aula en el 1er piso	
		Bloque IV	2 aula en el 2do piso	
3	Mercado Pedro vilcapaza	Bloque I	1 aula en el 1er piso	180.30
		Bloque II	1 aula en el 1er piso	
		Bloque III	1 aula en el 1er piso	

Nota: Adaptado de la recolección de datos.

Etapas II: Ensayos realizados y recolección de datos.

En esta fase del estudio, se llevaron a cabo una serie de pruebas y ensayos diseñados para evaluar de manera integral los elementos estructurales de las instituciones educativas de nivel primario seleccionadas. Estas pruebas incluyeron tanto evaluaciones cualitativas como cuantitativas, con el objetivo de obtener un panorama completo del comportamiento estructural de las edificaciones ante cargas sísmicas.

✚ ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA.

El ensayo de esclerometría, también conocido como ensayo de rebote con esclerómetro o martillo de Schmidt, es una prueba no destructiva ampliamente utilizada en la evaluación de la resistencia superficial del concreto endurecido. A continuación, te describo el procedimiento detallado del ensayo:

Procedimiento del ensayo de esclerometría:

1. Preparación del equipo.

El equipo utilizado es el esclerómetro o martillo de rebote, que mide la dureza superficial del concreto. Antes de comenzar el ensayo, se debe verificar que el equipo esté calibrado correctamente y en buenas condiciones. La calibración es fundamental para obtener resultados confiables.

Figura 5

Preparación del equipo



2. Selección de la superficie.

Es importante que la superficie de concreto a ensayar esté limpia, libre de polvo, aceite, pintura o cualquier material que pueda interferir con la precisión de la medición. Además, la superficie debe ser lo suficientemente plana y accesible para permitir el contacto adecuado del esclerómetro.

3. Posición del esclerómetro.

El esclerómetro debe colocarse perpendicular a la superficie del concreto en la zona a ensayar. Para obtener mediciones fiables, se recomienda realizar el ensayo en zonas donde no haya fisuras, juntas o áreas con refuerzo expuesto, ya que estas pueden afectar los resultados.

4. Aplicación del ensayo.

Una vez colocado el esclerómetro en la posición correcta, se debe presionar lentamente hasta que el resorte interno se libere, lo que generará un impacto en la

superficie del concreto. El martillo interno rebota y la distancia de este rebote es medida por el equipo. Este valor, conocido como el número de rebote, es una indicación de la dureza superficial del concreto.

Figura 6

Aplicación del ensayo



5. Repetición de mediciones.

Para asegurar resultados consistentes, se deben realizar varias mediciones en la misma zona. Normalmente, se recomienda hacer un mínimo de 10 rebotes en un área de 300 mm², espaciados uniformemente. Los valores anómalos o fuera del rango deben ser descartados.

6. Registro de los resultados.

Los valores de rebote obtenidos deben registrarse. Se calculará el promedio de los valores aceptables para representar el número de rebote de esa área específica del concreto. Este promedio se utiliza para inferir la resistencia del concreto a

compresión, basándose en tablas de correlación proporcionadas por el fabricante del esclerómetro o desarrolladas en función de estudios experimentales.

Figura 7

Registro de los resultados

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Loza aligerada	Nº Punto:	C - 1
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

ENSAYO	LECTURA DEL ESCLERÓMETRO (IR)	RESISTENCIA S ALCANZADA S (Mpa)	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS																							
1	27.0	23.0	<table border="1" style="margin: auto;"> <tr><td>1</td><td></td><td>2</td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td></td><td>4</td><td></td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>7</td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>9</td><td></td><td>10</td><td></td></tr> </table>				1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
1		2						3																		
	4						5																			
6		7						8																		
	9						10																			
2	24.0	19.0																								
3	26.0	22.0																								
4	25.5	21.0																								
5	26.0	22.0																								
6	25.0	20.2																								
7	23.0	18.0																								
8	24.0	19.0																								
9	25.0	20.2																								
10	26.0	22.0																								
		Resistencia alcanzada (Mpa)																								
		20.64																								
		Factor de conversión 1Mpa=10.197 kg/cm ²																								
		Resistencia estimada a compresión del elemento																								
		F ^c = 210.47 kg/cm ²																								

7. Corrección de factores.

Existen diversos factores que pueden influir en el número de rebote, como la dirección del ensayo (vertical, horizontal o inclinada), la edad del concreto, la presencia de humedad en la superficie y la temperatura. Dependiendo de las condiciones del ensayo, puede ser necesario aplicar correcciones a los valores obtenidos para reflejar mejor la resistencia real del concreto.

8. Interpretación de resultados.

El número de rebote se convierte en un valor estimado de la resistencia a compresión del concreto, utilizando las tablas de correlación o ecuaciones



proporcionadas. Es importante recordar que este ensayo mide la dureza superficial del concreto y que, aunque existe una correlación con la resistencia a compresión, no debe considerarse como un método absoluto. Los resultados deben ser complementados con otros ensayos si se requiere una evaluación más precisa de la resistencia del concreto.

Consideraciones Importantes:

- **Zonas de ensayo:** El ensayo se debe realizar en diferentes áreas de la estructura para tener una idea representativa de la resistencia del concreto. Se deben evitar áreas donde se sospeche deterioro o daño.
- **Limitaciones:** El ensayo de esclerometría no es adecuado para concreto muy viejo, superficies rugosas, concreto altamente poroso o expuesto a agentes agresivos, ya que estas condiciones pueden afectar la fiabilidad de los resultados.
- **Complementariedad:** Como se mencionó anteriormente, este ensayo es indicativo y, por lo tanto, suele utilizarse junto con otros ensayos destructivos (como el ensayo de compresión de probetas) o no destructivos (como el ultrasonido) para obtener una evaluación completa de la estructura.

Etapas III: Análisis y evaluación de resultados.

En esta fase se presentarán detalladamente los resultados obtenidos durante el proceso de evaluación. La información se estructurará en cuadros comparativos que permitirán una visualización clara y precisa de las diferencias entre los distintos grupos evaluados.

Además, estas tablas ofrecerán una visión completa de los resultados, destacando los aspectos más importantes para una interpretación adecuada. De este modo, será posible identificar patrones y relaciones clave que facilitarán una comprensión más profunda de los datos analizados.



3.7. Procedimiento y análisis de datos

En esta sección, se emplearon programas informáticos avanzados para realizar el procesamiento y análisis detallado de los datos obtenidos durante los ensayos. Estos programas permitieron calcular con precisión los parámetros estructurales, así como realizar análisis estadísticos y comparativos que facilitaron la interpretación de los resultados. Además, se generaron tablas y gráficos detallados que representan de manera clara y comprensible las principales conclusiones obtenidas.

Los datos procesados serán presentados en las secciones siguientes, acompañados de un análisis interpretativo para facilitar la comprensión de los hallazgos.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos

Tras establecer nuestras metodologías de investigación, optimizamos y estructuramos los datos de manera que coincidieran con nuestros propósitos investigativos. A continuación, presentamos en detalle los objetivos que orientaron nuestra investigación.

- ✚ Se determinó las resistencias a compresión actuales mediante la prueba de esclerómetro.
- ✚ Se realizó un nuevo diseño de mezclas de la resistencia de los elementos estructurales.
- ✚ Se evaluó la variación de las resistencias a compresión y flexión obtenidas de los especímenes reforzados con fibras de carbono.

4.1.1. Resultados sobre las resistencias alcanzadas mediante esclerometría en los elementos estructurales de las edificaciones

4.1.1.1. Resistencias obtenidas con el esclerómetro en el colegio Pedro Vilcapaza

✚ Bloque I del colegio Pedro Vilcapaza

Tabla 5

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
C - 1	179.00	210.00	-14.76	Perdida de F'c
C - 2	168.00		-20.00	Perdida de F'c
C - 3	185.00		-11.90	Perdida de F'c
C - 4	212.00		0.95	Conservó su F'c

Figura 8

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las columnas, donde los resultados muestran una pérdida de durabilidad en las columnas con un promedio de 15.55%, con excepción de una columna que conservo su resistencia.

Tabla 6

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
V - 1	189.00	210.00	-10.00	Perdida de F'c
V - 2	176.00		-16.19	Perdida de F'c
V - 3	210.00		0.0	Conservó su F'c
V - 4	182.00		-13.33	Perdida de F'c

Figura 9

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las vigas, donde los resultados muestran una pérdida de durabilidad en las vigas con un promedio de 13.17%, con excepción de una viga que conservo su resistencia.

🚧 Bloque II del colegio Pedro Vilcapaza

Tabla 7

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
C - 1	197.00	210.00	-6.19	Perdida de F'c
C - 2	186.00		-11.43	Perdida de F'c
C - 3	209.00		-0.48	Perdida de F'c
C - 4	189.00		-10.00	Perdida de F'c

Figura 10

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las columnas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las columnas con un promedio de 7.03%.

Tabla 8

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
V - 1	178.00	210.00	-15.24	Perdida de F'c
V - 2	210.00		0.00	Conservó su F'c
V - 3	185.00		-11.90	Perdida de F'c
V - 4	196.00		-6.67	Perdida de F'c

Figura 11

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las vigas, donde los resultados muestran una pérdida de durabilidad en las vigas con un promedio de 11.27%, con excepción de una viga que conservo su resistencia.

🚧 Bloque III del colegio Pedro Vilcapaza

Tabla 9

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
C - 1	190.00	210.00	-9.52	Perdida de F'c
C - 2	205.00		-2.38	Perdida de F'c
C - 3	194.00		-7.62	Perdida de F'c
C - 4	202.00		-3.81	Perdida de F'c

Figura 12

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las columnas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las columnas con un promedio de 5.83%.

Tabla 10

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
V - 1	187.00	210.00	-10.95	Perdida de F'c
V - 2	194.00		-7.62	Perdida de F'c
V - 3	183.00		-12.86	Perdida de F'c
V - 4	175.00		-16.67	Perdida de F'c

Figura 13

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las vigas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las vigas con un promedio de 12.03%.

4.1.1.2. Resistencias obtenidas con el esclerómetro en el teatro municipal de Azángaro

4.1.1.3. Bloque I del teatro municipal de Azángaro

Tabla 11

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
C - 1	182.00	210.00	-13.33	Perdida de F'c
C - 2	194.00		-7.62	Perdida de F'c
C - 3	179.00		-14.76	Perdida de F'c
C - 4	205.00		-2.38	Perdida de F'c

Figura 14

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las columnas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las columnas con un promedio de 9.52%.

Tabla 12

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
V - 1	186.00	210.00	-15.12	Perdida de F'c
V - 2	178.00		-21.13	Perdida de F'c
V - 3	210.00		-12.48	Conservó su F'c
V - 4	193.00		0.22	Perdida de F'c

Figura 15

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las vigas, donde los resultados muestran una pérdida de durabilidad en las vigas con un promedio de 16.24%, con excepción de una viga que conservo su resistencia.

🚧 Bloque II del teatro municipal de Azángaro

Tabla 13

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
C - 1	192.00	210.00	-8.57	Perdida de F'c
C - 2	186.00		-11.43	Perdida de F'c
C - 3	203.00		-3.33	Perdida de F'c
C - 4	180.00		-14.29	Perdida de F'c

Figura 16

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las columnas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las columnas con un promedio de 9.41%.

Tabla 14

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
V - 1	189.00	210.00	-10.00	Perdida de F'c
V - 2	203.00		-3.33	Perdida de F'c
V - 3	179.00		-14.76	Perdida de F'c
V - 4	192.00		-8.57	Perdida de F'c

Figura 17

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las vigas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las vigas con un promedio de 9.17%.

🚧 Bloque III del teatro municipal de Azángaro

Tabla 15

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
C - 1	196.00	210.00	-6.67	Perdida de F'c
C - 2	202.00		-3.81	Perdida de F'c
C - 3	185.00		-11.90	Perdida de F'c
C - 4	212.00		0.95	Conservó su F'c

Figura 18

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las columnas, donde los resultados muestran una pérdida de durabilidad en las columnas con un promedio de 7.46%, con excepción de una columna que conservo su resistencia.

Tabla 16

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
V - 1	185.00	210.00	-11.90	Perdida de F'c
V - 2	199.00		-5.24	Perdida de F'c
V - 3	203.00		-3.33	Perdida de F'c
V - 4	179.00		-14.76	Conservó su F'c

Figura 19

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las vigas, donde los resultados muestran una pérdida de durabilidad en las vigas con un promedio de 8.81%, con excepción de una viga que conservo su resistencia.

4.1.1.4. Resistencias obtenidas con el esclerómetro en el mercado Pedro Vilcapaza

🚩 Bloque I del mercado Pedro Vilcapaza

Tabla 17

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
C - 1	173.00	210.00	-17.62	Perdida de F'c
C - 2	190.00		-9.52	Perdida de F'c
C - 3	200.00		-4.76	Perdida de F'c
C - 4	205.00		-2.38	Perdida de F'c

Figura 20

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las columnas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las columnas con un promedio de 8.57%.

Tabla 18

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque I

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
V - 1	187.00	210.00	-10.95	Perdida de F'c
V - 2	179.00		-14.76	Perdida de F'c
V - 3	202.00		-3.81	Perdida de F'c
V - 4	193.00		-8.10	Perdida de F'c

Figura 21

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las vigas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las vigas con un promedio de 9.41%.

🚧 Bloque II del mercado Pedro Vilcapaza

Tabla 19

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
C - 1	199.00	210.00	-5.24	Perdida de F'c
C - 2	187.00		-10.95	Perdida de F'c
C - 3	209.00		-0.48	Perdida de F'c
C - 4	180.00		-14.29	Perdida de F'c

Figura 22

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las columnas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las columnas con un promedio de 7.74%.

Tabla 20

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque II

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
V - 1	178.00	210.00	-15.24	Perdida de F'c
V - 2	196.00		-6.67	Perdida de F'c
V - 3	182.00		-13.33	Perdida de F'c
V - 4	173.00		-17.62	Perdida de F'c

Figura 23

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las vigas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las vigas con un promedio de 13.22%.

🚧 Bloque III del mercado Pedro Vilcapaza

Tabla 21

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
C - 1	187.00	210.00	-10.95	Perdida de F'c
C - 2	192.00		-8.57	Perdida de F'c
C - 3	199.00		-5.24	Perdida de F'c
C - 4	182.00		-13.33	Perdida de F'c

Figura 24

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las columnas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las columnas con un promedio de 9.52%.

Tabla 22

Resistencias obtenidas mediante el ensayo de esclerometría para el bloque III

Elemento	F'c alcanzadas (kg/cm ²)	F'c Diseño (kg/cm ²)	Pérdida de durabilidad (%)	Observación
V - 1	193.00	210.00	-8.10	Perdida de F'c
V - 2	182.00		-13.33	Perdida de F'c
V - 3	186.00		-11.43	Perdida de F'c
V - 4	172.00		-18.10	Perdida de F'c

Figura 25

Resistencias alcanzadas con esclerómetro



La figura muestra las resistencias alcanzadas con el equipo esclerómetro para las vigas, donde los resultados muestran una pérdida de la durabilidad estructural de las vigas con un promedio de 12.74%.

4.1.3.1. Comparativo de resistencias obtenidas en la evaluación de estructuras

Tabla 23

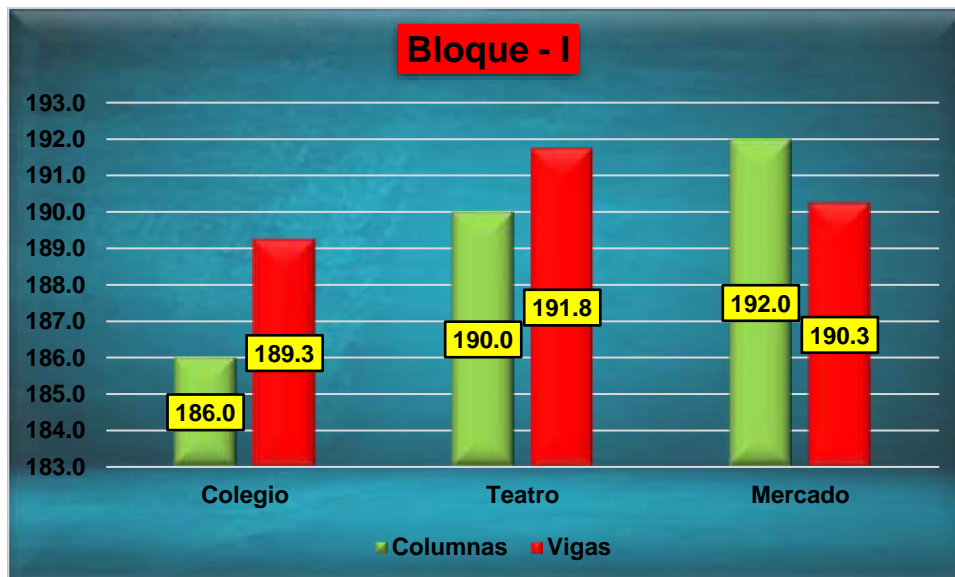
Resistencias actuales de las principales estructuras

Comparativo de resistencias actuales				
Evaluaciones realizadas	Elemento Estruct.	Bloque - I	Bloque - II	Bloque - III
Colegio Pedro Vilcapaza	Columnas	186.00	195.25	197.75
	Vigas	189.25	192.25	184.75
Teatro Municipal Azángaro	Columnas	190.00	190.25	198.75
	Vigas	191.75	190.75	191.50
Mercado Pedro Vilcapaza	Columnas	192.00	193.75	190.00
	Vigas	190.25	182.25	183.25

La tabla muestra el comparativo de las resistencias obtenidas mediante el esclerómetro, dicha evaluación se realizó en columnas y vigas de las principales estructuras de la provincia de Azángaro.

Figura 26

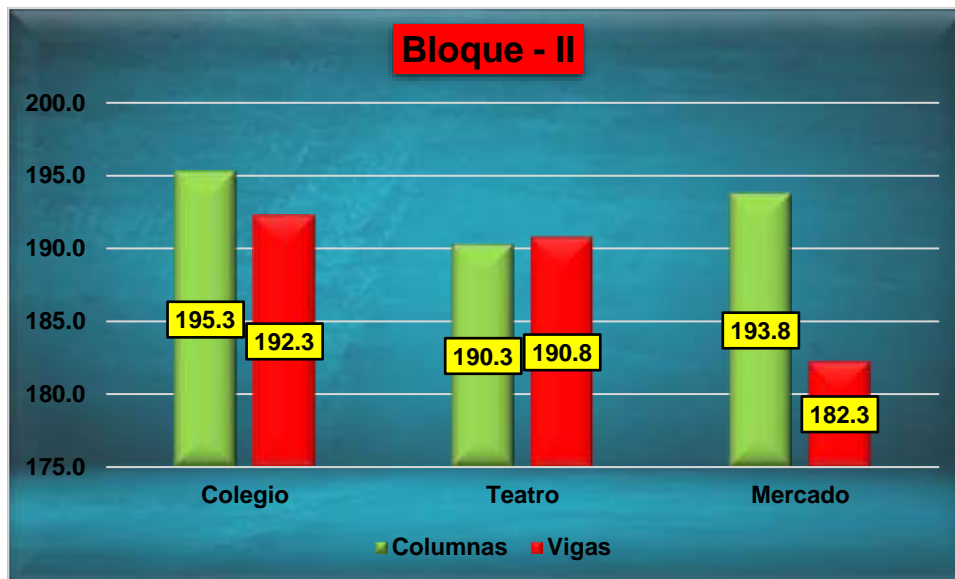
Comparativo de las resistencias en el bloque - I



La figura muestra el comportamiento de las resistencias obtenidas en el bloque I, tanto en columnas y vigas de las principales estructuras de la provincia de Azángaro.

Figura 27

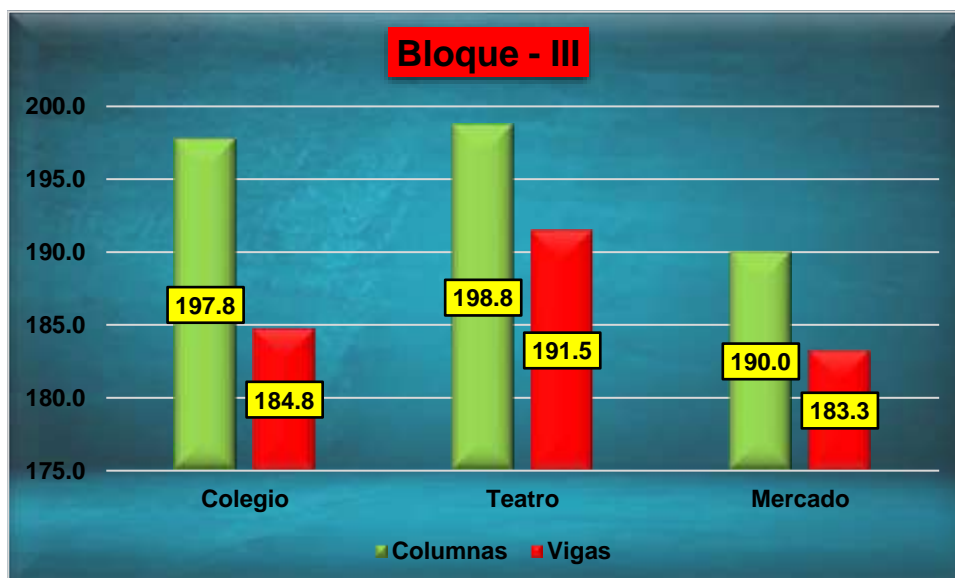
Comparativo de las resistencias en el bloque - II



La figura muestra el comportamiento de las resistencias obtenidas en el bloque II, tanto en columnas y vigas de las principales estructuras de la provincia de Azángaro.

Figura 28

Comparativo de las resistencias en el bloque - III



La figura muestra el comportamiento de las resistencias obtenidas en el bloque III, tanto en columnas y vigas de las principales estructuras de la provincia de Azángaro.

4.1.2. Resultados sobre el diseño de mezclas de la resistencia actual de los elementos estructurales de las edificaciones

a) Proporciones para el diseño de mezclas del concreto

Seguidamente se detallan las proporciones de los materiales empleados en la elaboración del concreto de $f'c=210$ kg/cm², según los registros de control de calidad del laboratorio.

Tabla 24

Dosificación según diseño de mezcla

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo	Proporción en Volumen
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)	Peso Húmedo
Cemento	373	1.00	373	1.00
Agua	205	0.55	159	0.43
A. Grueso	930	2.50	962	2.58
A. Fino	763	2.05	803	2.16
Aire	2.5%		2.5%	

La Tabla 24, se presentan las dosificaciones en peso y volumen para los materiales a emplearse en la elaboración del concreto, incluyendo un 2.5% de aire.

b) Proporciones para el diseño de mezcla del concreto + CFRP

Tabla 25

Dosificación para diseño de mezcla del concreto + CFRP

Agregado	Dosificación en Peso seco	Proporción en Volumen	Dosificación en Peso húmedo
	(Kg/m ³)	Peso Seco	(Kg/m ³)
Cemento	373	1.00	373
Agua	205	0.55	159
A. Grueso	930	2.50	962
A. Fino	763	2.05	803
Aire	2.5%		2.5%
CFRP	1 y 2 (capas)		CFRP

4.1.3. Resultados sobre la variación de las resistencias a compresión y flexión obtenidas de los especímenes reforzados con fibras de carbono

4.1.3.2. Resistencia a compresión patrón a los 7, 14 y 28 días

Tabla 26

Resistencia a compresión

Resistencia a la compresión – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B - 1	134.35	134.40	-0.04
B - 2	135.27		0.65
B - 3	134.08		-0.24
B - 4	137.54		2.34
\bar{X}	135.31	-	0.68

La tabla presenta los resultados sobre la resistencia tras 7 días de curado del concreto patrón, que muestra una variación promedio de 0.68%.

Figura 29

Variación de la resistencia



En la figura se observa la variación en los esfuerzos asociados a la resistencia a compresión del concreto patrón, donde los resultados evidencian que la resistencia presenta fluctuaciones, alcanzando un promedio de 135.31 kg/cm².

Tabla 27

Resistencia a compresión

Resistencia a la compresión – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B - 1	187.62		0.39
B - 2	186.84		-0.03
B - 3	189.13	186.90	1.19
B - 4	188.66		0.94
\bar{X}	188.06	-	0.62

La tabla presenta los resultados sobre la resistencia tras 14 días de curado del concreto patrón, que muestra una variación promedio de 0.62%.

Figura 30

Variación de la resistencia



En la figura se observa la variación en los esfuerzos asociados a la resistencia a compresión del concreto patrón, donde los resultados evidencian que la resistencia presenta fluctuaciones, alcanzando un promedio de 188.06 kg/cm².

Tabla 28

Resistencia a compresión

Resistencia a la compresión – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B - 1	209.84		0.93
B - 2	210.39		1.20
B - 3	211.21	207.90	1.59
B - 4	208.73		0.40
\bar{X}	210.04	-	1.03

La tabla presenta los resultados sobre la resistencia tras 28 días de curado del concreto patrón, que muestra una variación promedio de 1.03%.

Figura 31

Variación de la resistencia



En la figura se observa la variación en los esfuerzos asociados a la resistencia a compresión del concreto patrón, donde los resultados evidencian que la resistencia presenta fluctuaciones, alcanzando un promedio de 210.04 kg/cm².

4.1.3.3. Resistencia a compresión del concreto reforzado con CFRP

a) Resistencia a compresión del concreto + 1(capa) CFRP a los 7, 14 y 28 días

Tabla 29

Resistencia del concreto reforzado con CFRP

Resistencia del concreto reforzado con 1(capa) CFRP – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B - 1	158.26		17.75
B - 2	164.68		22.53
B - 3	162.32	134.40	20.77
B - 4	159.81		18.91
\bar{X}	161.27	-	19.99

En la tabla, se presentan los resultados obtenidos al evaluar las resistencias del concreto reforzado con una capa de CFRP. Los datos demuestran una mejora significativa en el comportamiento del material, alcanzando un promedio de 161.27 kg/cm².

Figura 32

Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP



La figura muestra el análisis de la variación en la resistencia del concreto reforzado con una capa de CFRP a los 7 días. Los resultados evidencian variaciones en las resistencias obtenidas, alcanzando un promedio del 19.99%.

Tabla 30

Resistencia del concreto reforzado con CFRP

Resistencia del concreto reforzado con 1(capa) CFRP – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B - 1	220.50	186.90	17.98
B - 2	218.36		16.83
B - 3	220.74		18.11
B - 4	221.51		18.52
\bar{X}	220.28	-	17.86

En la tabla, se presentan los resultados obtenidos al evaluar las resistencias del concreto reforzado con una capa de CFRP. Los datos demuestran una mejora significativa en el comportamiento del material, alcanzando un promedio de 220.28 kg/cm².

Figura 33

Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP



La figura 45, muestra el análisis de la variación en la resistencia del concreto reforzado con una capa de CFRP a los 14 días. Los resultados evidencian variaciones en las resistencias obtenidas, alcanzando un promedio del 17.86%.

Tabla 31

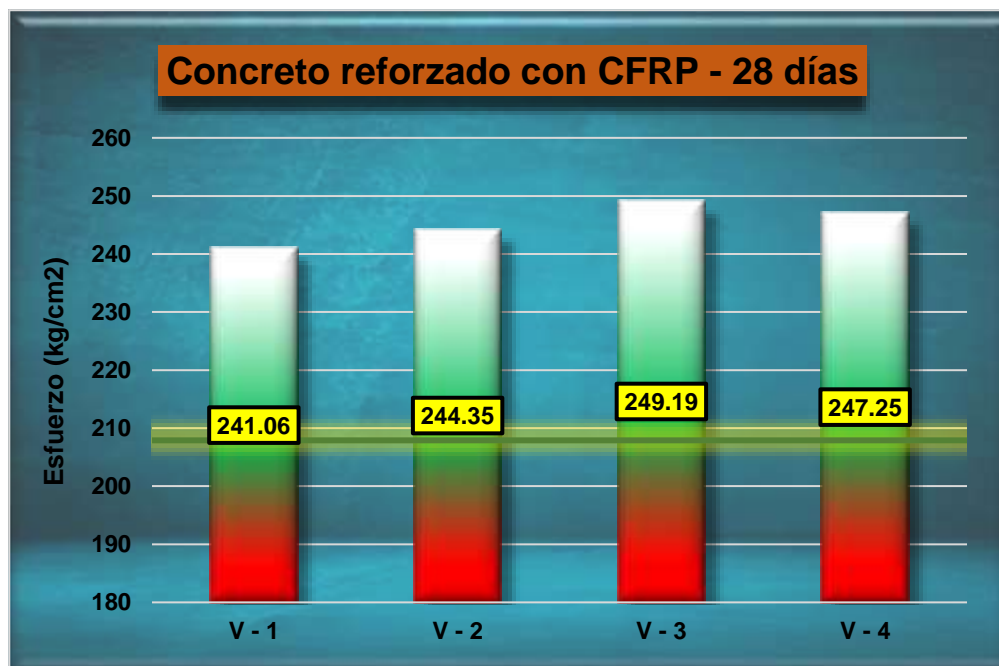
Resistencia del concreto reforzado con CFRP

Resistencia del concreto reforzado con 1(capa) CFRP – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B - 1	241.06	207.90	15.95
B - 2	244.35		17.53
B - 3	249.19		19.86
B - 4	247.25		18.93
\bar{X}	245.46	-	18.07

En la tabla, se presentan los resultados obtenidos al evaluar las resistencias del concreto reforzado con una capa de CFRP. Los datos demuestran una mejora significativa en el comportamiento del material, alcanzando un promedio de 245.46 kg/cm².

Figura 34

Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP



La figura muestra el análisis de la variación en la resistencia del concreto reforzado con una capa de CFRP a los 28 días. Los resultados evidencian variaciones en las resistencias obtenidas, alcanzando un promedio del 18.07%.

b) Resistencia a compresión del concreto + 2(capa) CFRP a los 7, 14 y 28 días

Tabla 32

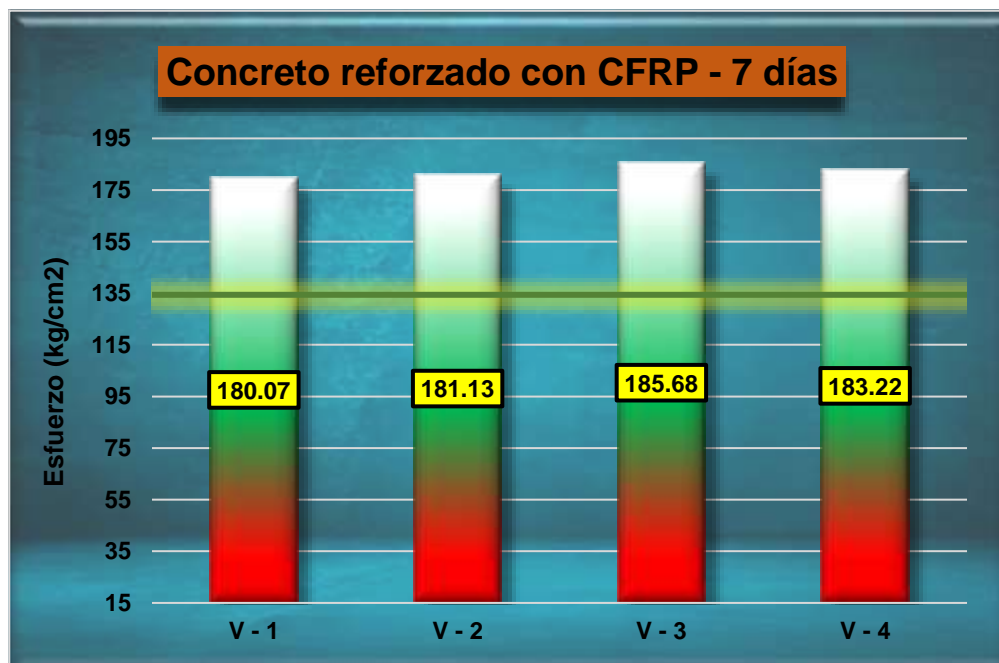
Resistencia del concreto reforzado con CFRP

Resistencia del concreto reforzado con 2(capa) CFRP – 7 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B - 1	180.07	134.40	33.98
B - 2	181.13		34.77
B - 3	185.68		38.15
B - 4	183.22		36.32
\bar{X}	182.53	-	35.81

En la tabla, se presentan los resultados obtenidos al evaluar las resistencias del concreto reforzado con dos capas de CFRP. Los datos demuestran una mejora significativa en el comportamiento del material, alcanzando un promedio de 182.53 kg/cm².

Figura 35

Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP



La figura muestra el análisis de la variación en la resistencia del concreto reforzado con dos capas de CFRP a los 7 días. Los resultados evidencian variaciones en las resistencias obtenidas, alcanzando un promedio del 35.81%.

Tabla 33

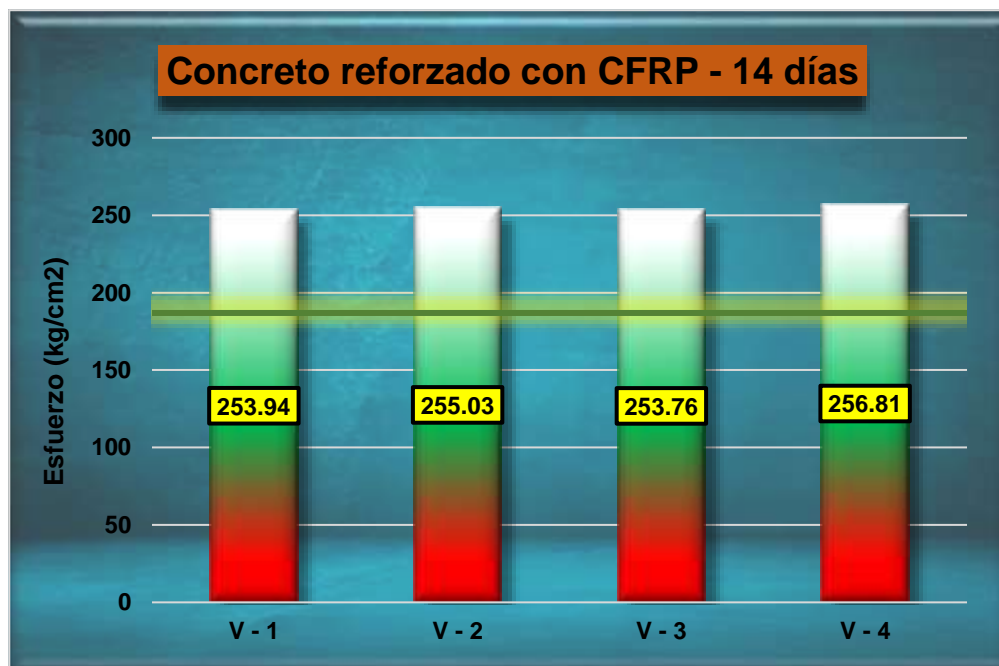
Resistencia del concreto reforzado con CFRP

Resistencia del concreto reforzado con 2(capa) CFRP – 14 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B - 1	253.94	186.90	35.86
B - 2	255.03		36.45
B - 3	253.76		35.77
B - 4	256.81		37.41
\bar{X}	254.89	-	36.38

En la tabla, se presentan los resultados obtenidos al evaluar las resistencias del concreto reforzado con dos capas de CFRP. Los datos demuestran una mejora significativa en el comportamiento del material, alcanzando un promedio de 254.89 kg/cm².

Figura 36

Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP



La figura muestra el análisis de la variación en la resistencia del concreto reforzado con dos capas de CFRP a los 14 días. Los resultados evidencian variaciones en las resistencias obtenidas, alcanzando un promedio del 36.38%.

Tabla 34

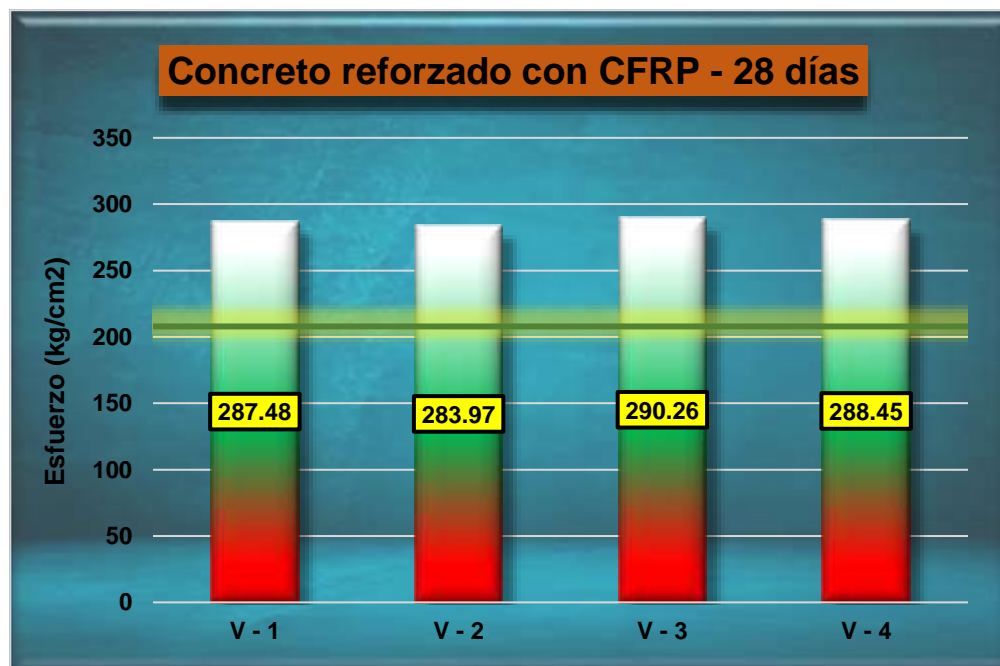
Resistencia del concreto reforzado con CFRP

Resistencia del concreto reforzado con 2(capa) CFRP – 28 días			
Muestra	Esfuerzo (kg/cm ²)	Diseño (kg/cm ²)	% Variación
B - 1	287.48	207.90	38.28
B - 2	283.97		36.59
B - 3	290.26		39.62
B - 4	288.45		38.74
\bar{X}	287.54	-	38.31

En la tabla, se presentan los resultados obtenidos al evaluar las resistencias del concreto reforzado con dos capas de CFRP. Los datos demuestran una mejora significativa en el comportamiento del material, alcanzando un promedio de 287.54 kg/cm².

Figura 37

Variación de la resistencia del concreto reforzado con CFRP



La figura muestra el análisis de la variación en la resistencia del concreto reforzado con dos capas de CFRP a los 28 días. Los resultados evidencian variaciones en las resistencias obtenidas, alcanzando un promedio del 38.31%.

4.1.3.4. Resistencia a la flexión del concreto patrón a los 7, 14 y 28 días

Tabla 35

Resistencia a la flexión del CP tras 7 días

Resistencia a la flexión – 7 días			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2479.31	24.58	25.21 kg/cm ²
V - 2	2526.47	25.31	
V - 3	2354.61	26.15	
V - 4	2500.45	24.79	

La tabla presenta las resistencias a la flexión del concreto patrón, destacando que todas las muestras ensayadas muestran un comportamiento uniforme con un valor promedio de resistencia a la flexión de 25.21 kg/cm².

Figura 38

Resistencia a la flexión del CP tras 7 días



La figura muestra los resultados obtenidos con respecto a la resistencia a flexión del concreto patrón en las diferentes muestras a los 7 días, la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 26.15 kg/cm².

Tabla 36

Resistencia a la flexión del CP tras 14 días

Resistencia a la flexión – 14 días			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2479.31	32.56	32.85 kg/cm ²
V - 2	2526.47	33.11	
V - 3	2354.61	32.06	
V - 4	2500.45	33.68	

La tabla presenta las resistencias a la flexión del concreto patrón, destacando que todas las muestras ensayadas muestran un comportamiento uniforme con un valor promedio de resistencia a la flexión de 32.85 kg/cm².

Figura 39

Resistencia a la flexión del CP tras 14 días



La figura muestra los resultados obtenidos con respecto a la resistencia a flexión del concreto patrón en las diferentes muestras a los 14 días, la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 33.68 kg/cm².

Tabla 37

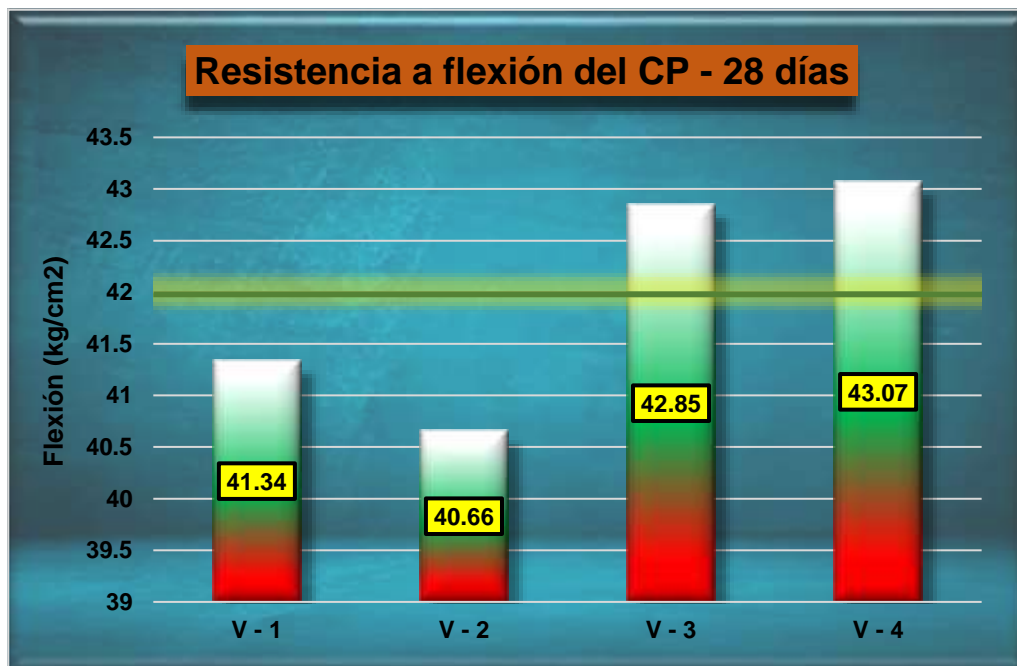
Resistencia a la flexión del CP tras 28 días

Resistencia a la flexión – 28 días			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2479.31	41.34	41.98 kg/cm ²
V - 2	2526.47	40.66	
V - 3	2354.61	42.85	
V - 4	2500.45	43.07	

La tabla presenta las resistencias a la flexión del concreto patrón, destacando que todas las muestras ensayadas muestran un comportamiento uniforme con un valor promedio de resistencia a la flexión de 41.98 kg/cm².

Figura 40

Variación de la resistencia a la flexión del CP tras 28 días



La figura muestra los resultados obtenidos con respecto a la resistencia a flexión del concreto patrón en las diferentes muestras a los 28 días, la mayor resistencia a la flexión registrada fue de 43.07 kg/cm².

4.1.3.5. Resistencia a la flexión del concreto reforzado con CFRP

a) Resistencia a la flexión del concreto + CFRP a los 7, 14 y 28 días

Tabla 38

Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP

Flexión del concreto reforzado con 1 (capa) CFRP – 7 días			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2479.31	32.41	33.22 kg/cm ²
V - 2	2526.47	34.86	
V - 3	2354.61	33.15	
V - 4	2500.45	32.44	

La tabla presenta los resultados de las pruebas realizadas para evaluar la resistencia a flexión del concreto reforzado con una capa de CFRP. Los datos indican una mejora notable en la capacidad de flexión, alcanzando un valor promedio de 33.22 kg/cm².

Figura 41

Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP



La figura analiza la variación en la resistencia a flexión del concreto reforzado con una capa de CFRP, evaluada a los 7 días. Los resultados destacan que la mayor resistencia registrada alcanzó un valor de 34.86 kg/cm². Este comportamiento refleja el impacto positivo del CFRP en mejorar la resistencia a flexión del concreto.

Tabla 39

Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP

Flexión del concreto reforzado con 1 (capa) CFRP – 14 días			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2479.31	41.26	42.61 kg/cm ²
V - 2	2526.47	43.57	
V - 3	2354.61	42.31	
V - 4	2500.45	43.29	

La tabla presenta los resultados de las pruebas realizadas para evaluar la resistencia a flexión del concreto reforzado con una capa de CFRP. Los datos indican una mejora notable en la capacidad de flexión, alcanzando un valor promedio de 42.61 kg/cm².

Figura 42

Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP



La figura analiza la variación en la resistencia a flexión del concreto reforzado con una capa de CFRP, evaluada a los 14 días. Los resultados destacan que la mayor resistencia registrada alcanzó un valor de 43.57 kg/cm². Este comportamiento refleja el impacto positivo del CFRP en mejorar la resistencia a flexión del concreto.

Tabla 40

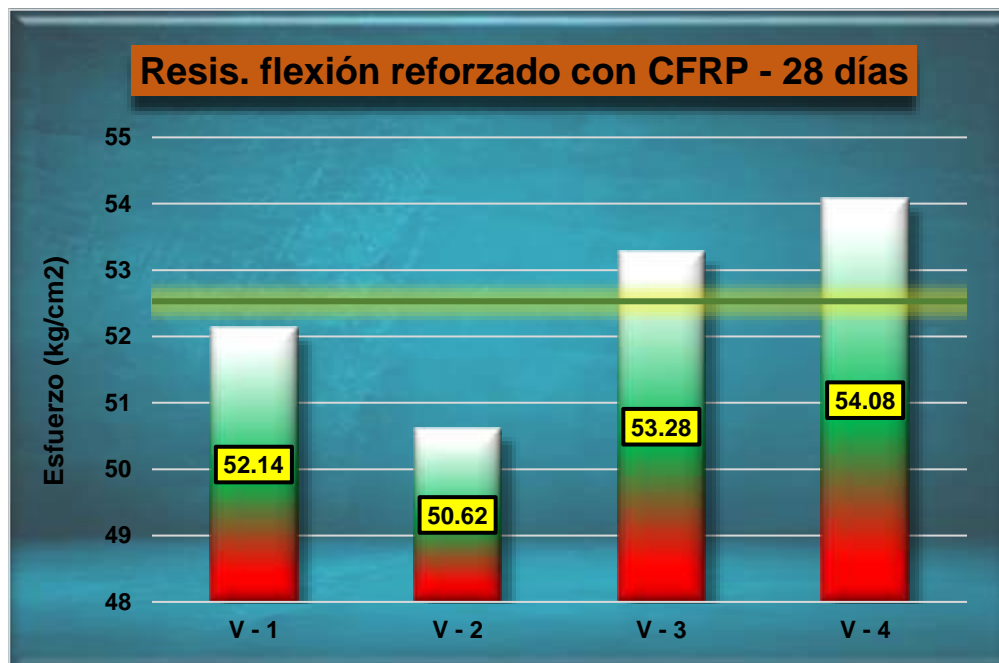
Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP

Flexión del concreto reforzado con 1 (capa) CFRP – 28 días			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2479.31	52.14	52.53 kg/cm ²
V - 2	2526.47	50.62	
V - 3	2354.61	53.28	
V - 4	2500.45	54.08	

La tabla presenta los resultados de las pruebas realizadas para evaluar la resistencia a flexión del concreto reforzado con una capa de CFRP. Los datos indican una mejora notable en la capacidad de flexión, alcanzando un valor promedio de 52.53 kg/cm².

Figura 43

Resistencia a la flexión reforzado con 1 capas de CFRP



La figura analiza la variación en la resistencia a flexión del concreto reforzado con una capa de CFRP, evaluada a los 28 días. Los resultados destacan que la mayor resistencia registrada alcanzó un valor de 54.08 kg/cm². Este comportamiento refleja el impacto positivo del CFRP en mejorar la resistencia a flexión del concreto.

b) Resistencia a la flexión del concreto + CFRP a los 7, 14 y 28 días

Tabla 41

Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP

Flexión del concreto reforzado con 2 (capa) CFRP – 7 días			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2479.31	41.26	41.02 kg/cm ²
V - 2	2526.47	38.82	
V - 3	2354.61	40.49	
V - 4	2500.45	43.51	

La tabla presenta los resultados de las pruebas realizadas para evaluar la resistencia a flexión del concreto reforzado con dos capas de CFRP. Los datos indican una mejora notable en la capacidad de flexión, alcanzando un valor promedio de 41.02 kg/cm².

Figura 44

Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP



La figura analiza la variación en la resistencia a flexión del concreto reforzado con dos capas de CFRP, evaluada a los 7 días. Los resultados destacan que la mayor resistencia registrada alcanzó un valor de 43.51 kg/cm². Este comportamiento refleja el impacto positivo del CFRP en mejorar la resistencia a flexión del concreto.

Tabla 42

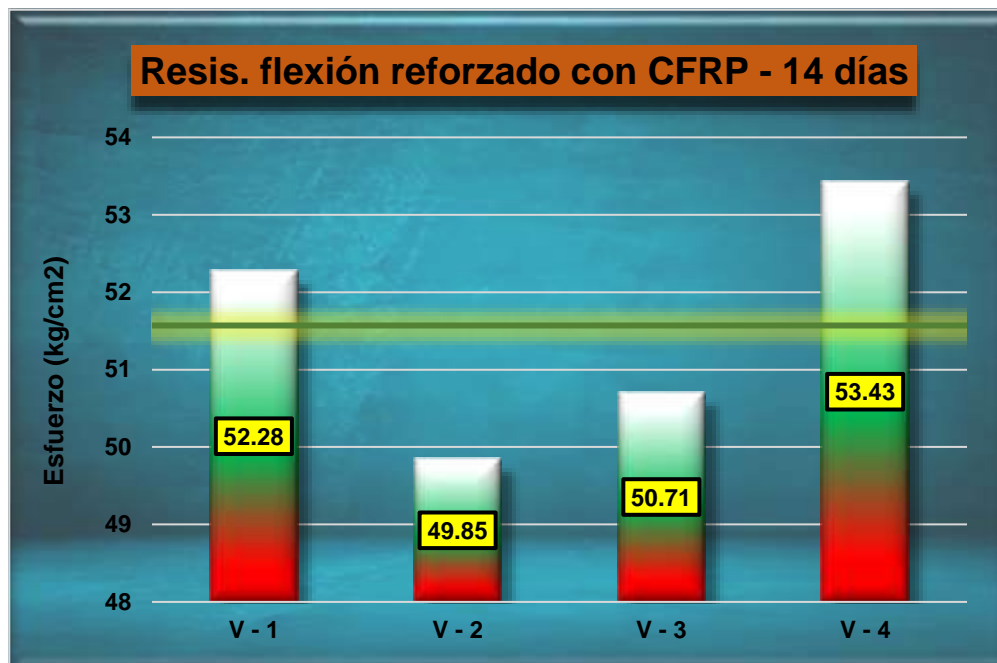
Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP

Flexión del concreto reforzado con 2 (capa) CFRP – 14 días			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2479.31	52.28	51.57 kg/cm ²
V - 2	2526.47	49.85	
V - 3	2354.61	50.71	
V - 4	2500.45	53.43	

La tabla presenta los resultados de las pruebas realizadas para evaluar la resistencia a flexión del concreto reforzado con dos capas de CFRP. Los datos indican una mejora notable en la capacidad de flexión, alcanzando un valor promedio de 51.57 kg/cm².

Figura 45

Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP



La figura analiza la variación en la resistencia a flexión del concreto reforzado con dos capas de CFRP, evaluada a los 14 días. Los resultados destacan que la mayor resistencia registrada alcanzó un valor de 53.43 kg/cm². Este comportamiento refleja el impacto positivo del CFRP en mejorar la resistencia a flexión del concreto.

Tabla 43

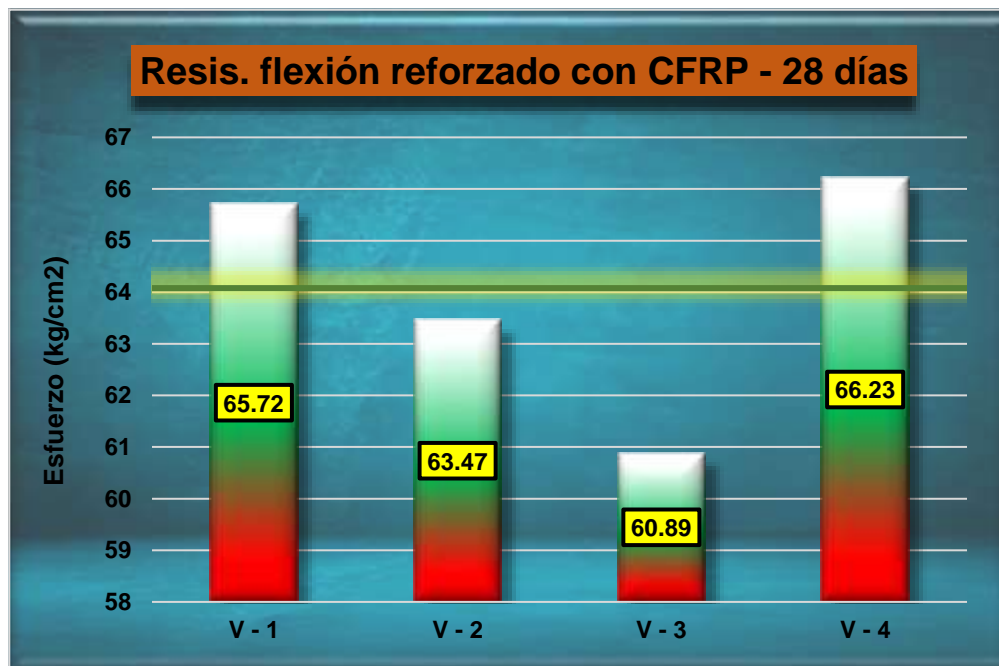
Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP

Flexión del concreto reforzado con 2 (capa) CFRP – 28 días			
Muestra	Lectura del dial (Kg)	Resistencia a flexión (Kg/cm ²)	Promedio de la resistencia a flexión
V - 1	2479.31	65.72	64.08 kg/cm ²
V - 2	2526.47	63.47	
V - 3	2354.61	60.89	
V - 4	2500.45	66.23	

La tabla presenta los resultados de las pruebas realizadas para evaluar la resistencia a flexión del concreto reforzado con dos capas de CFRP. Los datos indican una mejora notable en la capacidad de flexión, alcanzando un valor promedio de 64.08 kg/cm².

Figura 46

Resistencia a la flexión reforzado con 2 capas de CFRP



La figura analiza la variación en la resistencia a flexión del concreto reforzado con dos capas de CFRP, evaluada a los 7 días. Los resultados destacan que la mayor resistencia registrada alcanzó un valor de 66.23 kg/cm². Este comportamiento refleja el impacto positivo del CFRP en mejorar la resistencia a flexión del concreto.

4.1.3.6. Comparativo de resistencias a compresión

Tabla 44

Resistencias a compresión

Comparativo de las resistencias alcanzadas			
Curado (días)	7 - días	14 - días	28 - días
CP	135.31	188.06	210.04
C + 1 (capa) CFRP	161.27	220.28	245.46
C + 2 (capas) CFRP	182.53	254.89	287.54

La tabla muestra el comparativo de las resistencias medias alcanzadas a los 7,14 y 28 días de curado, demostrando un incremento significativo en la resistencia a compresión con el refuerzo de las capas de fibras de carbono (CFRP).

Figura 47

Comparativo de las resistencias alcanzadas



La figura muestra el comportamiento de las resistencias alcanzadas tras los 7,14 y 28 días de curado, donde se puede apreciar un claro ascenso de la resistencia a los 28 días, con el reforzamiento de capas de fibra de carbono (CFRP).

4.1.3.7. Comparativo de resistencias a flexión

Tabla 45

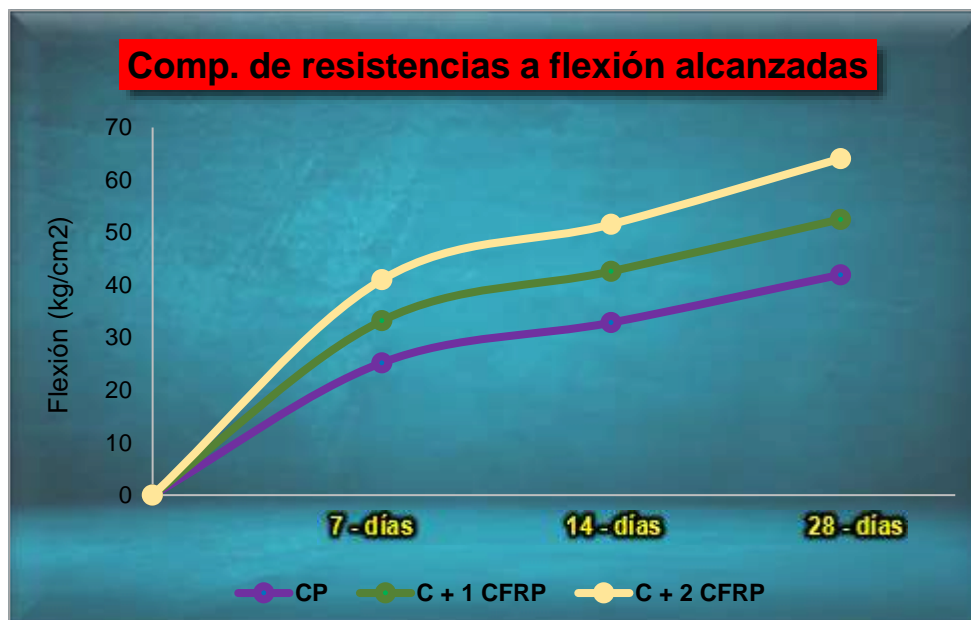
Resistencias a flexión

Comparativo de las resistencias a flexión			
Curado (días)	7 - días	14 - días	28 - días
CP	25.21	32.85	41.98
C + 1 (capa) CFRP	33.22	42.61	52.53
C + 2 (capas) CFRP	41.02	51.57	64.08

La tabla muestra el comparativo de las resistencias a flexión a los 7,14 y 28 días de curado, demostrando un incremento significativo en la resistencia a flexión con el refuerzo de las capas de fibras de carbono (CFRP).

Figura 48

Comparativo de las resistencias a flexión



La figura muestra el comportamiento de las resistencias a flexión tras los 7,14 y 28 días de curado, donde se puede apreciar un claro ascenso de la resistencia a flexión a los 28 días, con el reforzamiento de capas de fibra de carbono (CFRP).



4.2. Discusión de Resultados

La discusión de los resultados se basa en los estudios mencionados previamente en el capítulo II, lo que permite realizar una comparación exhaustiva entre los datos recogidos por esos autores y los hallazgos obtenidos en el presente estudio. A partir de esta comparación, se pueden identificar tanto similitudes como diferencias con los estudios anteriores, lo que facilita un análisis más profundo de las posibles causas y factores que explican dichas variaciones.

De acuerdo con la evaluación realizada utilizando las fibras de carbono en el reforzamiento de los elementos estructurales, se constató que las principales edificaciones de la provincia de Azángaro presentan un alto nivel de riesgo de sufrir daños significativos ya que sus elementos estructurales presentan deterioros en sus estructuras como las columnas y vigas. Estos riesgos se deben principalmente a la baja resistencia del concreto que compone sus estructuras, lo cual indica una deficiencia crítica en el diseño estructural de los edificios. Por lo tanto, es evidente que las estructuras no cumplen con los estándares adecuados de seguridad. Estos hallazgos coinciden con los resultados obtenidos por (Saavedra & Ortiz, 2021) quien concluyó que el 90% de los edificios estudiados en su investigación también eran susceptibles a fallos estructurales ante sismos. Esta situación subraya la necesidad urgente de realizar estudios más profundos y específicos en cada uno de los edificios evaluados para proponer intervenciones que mejoren su capacidad de resistir eventos sísmicos.



CONCLUSIONES

Primera, se concluye que la resistencia a compresión actual de los elementos estructurales evaluados mediante el ensayo de esclerometría no alcanzó su resistencia, evidenciando debilidad en sus componentes estructurales como columnas y vigas. Las principales edificaciones de la provincia de Azángaro, fueron analizadas en tres bloques, donde presentaron deterioros significativos en sus estructuras.

Segunda, se establece que el diseño de mezcla para la resistencia actual de los elementos estructurales en las edificaciones de la provincia de Azángaro corresponde a 210 kg/cm². Se concluye que la dosificación recomendada para el concreto patrón incluye: 1.0 de cemento, 3.72 de agregado grueso, 2.89 de agregado fino, 0.85 lt/bls y un contenido de aire del 2.5%. Este diseño busca optimizar las propiedades mecánicas y garantizar la durabilidad de las estructuras. Adicionalmente, con el objetivo de incrementar su capacidad de carga y prolongar la vida útil, se propone reforzar el concreto con la aplicación de una y dos capas de CFRP.

Tercera, la variación de la resistencia a compresión y flexión obtenidas de los elementos estructurales reforzados con fibras de carbono mejoran significativamente a favor de los concretos reforzados, ya que se concluye que la resistencia para el concreto patrón a los 28 días de curado fue de 210.04 kg/cm², mientras que para el concreto reforzado con una capa de CFRP la resistencia a compresión alcanzada fue de 245.46 kg/cm², y finalmente para el concreto reforzado con dos capas de CFRP la resistencia alcanzada fue de 287.54 kg/cm². Estos resultados evidencian la efectividad de las fibras de carbono para mejorar las propiedades mecánicas del concreto, optimizando su rendimiento frente a cargas estructurales y prolongando su vida útil.



RECOMENDACIONES

R1, se recomienda realizar evaluaciones constantes a los elementos estructurales de las principales edificaciones de la provincia de Azángaro, ya que esto nos ayudará a detectar las fallas estructurales.

R2, se recomienda explorar la implementación de capas adicionales de fibras de carbono y comparar su comportamiento en estructuras reales, evaluando factores como la durabilidad a largo plazo, el costo-beneficio y su adaptabilidad a diversos tipos de edificaciones.

R3, se recomienda realizar investigaciones a nivel de estructuras completas, analizando cómo las mejoras en las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de carbono se traducen en una mayor seguridad y durabilidad en edificaciones reales. Ya que a mayor refuerzo con fibras de carbono incrementa la resistencia de las estructuras.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Bustinza, M. (2022). *Vulnerabilidad, peligro y riesgo sísmico de edificaciones de concreto armado y albañilería de la Urbanización Enace - Puno, simulados numéricamente en escenarios sísmicos*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/18446/Bustinza_Sancho_Maritz.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Castellanos, S. (2021). *Evaluación de desempeño sísmico de edificio de la Universidad Internacional Sek ubicado en el campus Felipe Segovia Olmo*. Ecuador: Universidad Internacional Sek. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4516/1/Tesis%20Steeven%20Castellanos.pdf>
- Condori, R., & Vilca, A. (2022). *Evaluación del desempeño estructural aplicando un análisis estático no lineal (pushover) en la I. E. N.° 40230 San Antonio del Pedregal Majes - Caylloma - Arequipa*. Arequipa: Universidad Continental. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/IV_FIN_105_TE_Condori_Vilca_2022.pdf
- Creswell, J., & Creswell, D. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications. Obtenido de https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod_resource/content/1/creswell.pdf
- Flores, C., & Sandoval, Y. (2020). *Evaluación del desempeño sísmico de las estructuras en rango inelástico de la I.E.S. Mariano Melgar Valdiviezo - J.L. Ortiz*. Perú: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Flores%20Sosa%20Cristian%20&%20Sandoval%20Guevara%20Yair.pdf>
- Gallardo, R. (2021). *Análisis estructural del desempeño sísmico del edificio de la facultad de ingeniería en sistemas, electrónica e industrial bloque 2 mediante la medición de vibraciones*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Tesis%20I.%20C.%201493%20-%20Gallardo%20Sinchiguano%20Romel%20Amilcar.pdf>
- Gálvez, K., & Zapata, C. (2022). *Evaluación del desempeño sísmico de tres estructuras de pórticos de hormigón armado de diferente altura de la edificación diseñados conforme a la NEC-15, usando análisis estático no lineal*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36613/1/T-ESPE-052776.pdf>



- Gutierrez, P. (2021). *Evaluación del desempeño sísmico por el método espectro-capacidad de un puente de tramo IV - IIRSA Sur*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/16216/Gutierrez_Ramos_Pablo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hernandez y Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill. Obtenido de https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Ita, L. (2021). *Estudio comparativo respecto FEMA P-154 y modal espectral respecto la vulnerabilidad sísmica de I. E. Señor De La Soledad, Ancash - 2021*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Ita_CLA-SD.pdf
- Izquierdo, R., & Mendoza, J. (2022). *Evaluación del desempeño sísmico en una edificación de dos niveles ubicada en el departamento de Lambayeque, aplicando el procedimiento no lineal estático*. Piura: Universidad de Piura. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/32fe7a3a-7102-409f-b70a-4afb9172f51c/content>
- López, C., & Pérez, A. (2023). *Análisis, diseño y evaluación del desempeño sísmico de una edificación dual de concreto reforzado de mediana altura, basado en el método de desplazamientos*. Ecuador: Universidad de las Fuerzas Armadas. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/36906/2/T-ESPE-058177.pdf>
- Mamani, E. (2018). *Determinación del nivel de desempeño sísmico de un edificio de 8 niveles en la ciudad de Juliaca, 2018*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/10686/Mamani_Roque_Edwin_Ruther.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Mamani, R. (2024). *Evaluación del nivel de desempeño sísmico y costo de construcción para sistemas estructurales aporticados de concreto armado y albañilería confinada en un edificio multifamiliar de cinco niveles, Puno 2022*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/21272/Mamani_Llanos_Raul_Alejandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ramos, J. (2021). *Evaluación del desempeño sísmico de edificaciones multifamiliares mediante métodos convencionales, edificio multifamiliar Benjamín Del Solar, Sachaca, Arequipa 2021*. Huancayo: Universidad Continental. Obtenido de



[https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10465/2/IV_FIN_105
_TE_Ramos_Cahuapaza_2021.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/10465/2/IV_FIN_105_TE_Ramos_Cahuapaza_2021.pdf)



ANEXOS



Anexo 01. Matriz de consistencia

TITULO DE LA TESIS: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿De qué manera el empleo de fibra de carbono incide en el reforzamiento de elementos estructurales deteriorados de diseño convencional en edificaciones en la provincia de Azángaro 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la aplicación de fibra de carbono en el reforzamiento de elementos estructurales deteriorados de diseño convencional en edificaciones en la provincia de Azángaro 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La aplicación de fibra de carbono en el reforzamiento de elementos estructurales deteriorados de diseño convencional en edificaciones en la provincia de Azángaro 2024, aumentará considerablemente la resistencia.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>FIBRA DE CARBONO</p> <p>Indicadores: <i>Desempeño sísmico</i> <i>Resistencias de elementos estructurales</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS</p> <p>Indicadores: <i>Resistencia a la compresión</i> <i>Resistencia a la flexión</i></p>	<p>Medición de parámetros estructurales.</p> <p>Prueba de esclerómetro, pruebas de compresión.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuál es la resistencia a compresión actual mediante la prueba de esclerómetro en elementos estructurales en edificaciones de la provincia de Azángaro?</p> <p>¿Cómo es el diseño de mezclas de la resistencia actual de los elementos estructurales de edificaciones de la provincia de Azángaro?</p> <p>¿Cuál es la variación de las resistencias a compresión y flexión obtenidas de los especímenes reforzados con fibras de carbono en la provincia de Azángaro?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar la resistencia a compresión actual mediante la prueba de esclerómetro en elementos estructurales en edificaciones de la provincia de Azángaro.</p> <p>Realizar el diseño de mezclas de la resistencia actual de los elementos estructurales de edificaciones de la provincia de Azángaro.</p> <p>Evaluar la variación de las resistencias a compresión y flexión obtenidas de los especímenes reforzados con fibras de carbono en la provincia de Azángaro.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>La resistencia a compresión actual mediante la prueba de esclerómetro en elementos estructurales en edificaciones de la provincia de Azángaro, no alcanzarán las resistencias esperadas del diseño inicial.</p> <p>El diseño de mezclas de la resistencia actual de los elementos estructurales de edificaciones de la provincia de Azángaro, será de aproximadamente 210 kg/cm².</p> <p>La variación de las resistencias a compresión y flexión obtenidas de los especímenes reforzados con fibras de carbono en la provincia de Azángaro, variarán considerablemente a favor de los concretos reforzados.</p>		



Anexo 02. Ensayos de laboratorio



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

CANtera : AZÁNGARO - AGREGADO GRUESO
 : AZÁNGARO - AGREGADO FINO

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

FECHA : 29 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	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>489.34</u>
N° 4	0.00	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>500.00</u>
N° 8	96.52	19.30	19.30	80.70	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1305.43</u>
N° 16	72.85	14.57	33.87	66.13	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1624.31</u>
N° 30	87.74	17.55	51.42	48.58	PESO ESPECÍFICO	
N° 50	143.15	28.63	80.05	19.95	Wc+B =	$\frac{1805}{2.76} = 653.98$ gr/cm ³
N° 100	69.91	13.98	94.03	5.97	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{500.00}{1805-1624.31} = 2.76$ gr/cm ³
N° 200	10.46	2.09	96.13	3.87	ABSORCIÓN	
FONDO	19.37	3.87	100.00	0.00	B =	$\frac{500.00}{10.66} = 46.89$ %
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{(46.89 - 2.76) \times 100}{46.89} = 96.31$ %
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA					2.79	

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 <u>792.23</u>
1 1/2"	10	0.29	0.29	99.71	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>800.00</u>
1"	68	1.94	2.23	97.77	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1305.43</u>
3/4"	423	12.09	14.31	85.69	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1798.87</u>
1/2"	1014	28.97	43.29	56.71	PESO ESPECÍFICO	
3/8"	583	16.66	59.94	40.06	Wc+B =	$\frac{2105}{2.61} = 806.51$ gr/cm ³
N° 4	0	0.00	59.94	40.06	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{800.00}{2105-1798.87} = 2.61$ gr/cm ³
N° 8	1402	40.06	100.00	0.00	ABSORCIÓN	
FONDO	0.00	0.00	100.00	0.00	B =	$\frac{800.00}{7.77} = 102.96$ %
SUMA	3500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{(102.96 - 2.61) \times 100}{102.96} = 97.50$ %
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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 ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

SOLICITANTE Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

CANTERA AZÁNGARO - AGREGADO GRUESO
AZÁNGARO - AGREGADO FINO

LUGAR LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO-UANCV

FECHA 29 DE OCTUBRE DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD

A. FINO	
P.T. M. HUM	305.41
P.T.M. SEC	292.82
P.TARRO	52.14
P AGUA	12.59
P.S.SECO	240.68
% HUMEDAD	5.23

A. GRUESO	
P.T. M. HUM	440.67
P.T.M. SECA	428.05
P.TARRO	58.92
P AGUA	12.62
P.S.SECO	369.13
% HUMEDAD	3.42

PESOS UNITARIOS

AGREGADO FINO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9284	5920	2128	1581
9287	5920	2128	1582
9262	5920	2128	1570
			1578

AGREGADO GRUESO

SUELTO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
11807	7105	3241	1451
11823	7105	3241	1456
11835	7105	3241	1459
			1455

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
9471	5920	2128	1669
9489	5920	2128	1677
9473	5920	2128	1670
			1672

VARILLADO			
PESO	P. MOLDE	V. MOLDE	
12112	7105	3241	1545
12168	7105	3241	1562
12211	7105	3241	1575
			1561

OBSERVACIONES: LOS ENSAYOS FUERON REALIZADAS POR LOS TESISISTAS EN LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CARR. INGENIERÍA CIVIL
[Signature]



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

PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024.

SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

CANTERA : AZÁNGARO - AGREGADO GRUESO
 : AZÁNGARO - AGREGADO FINO

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

FECHA : 29 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	2.61	2.76
P.e Bulk		
P.U. Varillado	1561	1672
P.U. Suelto	1455	1578
% de Absorción	0.98	2.18
% de Humedad Natural	3.42	5.23
Modulo de Fineza	-	2.79

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/m^3
- 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: 0.55
- De acuerdo a la información obtenida en los ítems 3 y 4 el requerimiento de cemento será de: $(205 \text{ Lt/m}^3) / (0.55) = 372 \text{ Kg/m}^3$

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 UANCV
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 VICERRECTOR ANDRÉS CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL



7. De acuerdo al módulo de finza del agregado fino = 2.79 el peso específico unitario del agregado grueso varillado-compactado de 1561 Kg/m³ y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" (19.05mm) se recomienda el uso de 0.596 m³ de agregado grueso por m³ de concreto. Por tanto el peso seco del agregado grueso será de:

$$(0.596) \cdot (1561) = 930 \text{ Kg/m}^3$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Volumen absoluto de agua} &= (205) / (1000) = 0.205 \\ \text{Volumen absoluto de cemento} &= (373) / (2.85 \cdot 1000) = 0.131 \\ \text{Volumen absoluto de agregado grueso} &= (930) / (2.53 \cdot 1000) = 0.368 \\ \text{Volumen de aire atrapado} &= (2.0) / (100) = 0.020 \\ \text{Volumen sub total} &= 0.723 \end{aligned}$$

Volumen absoluto de arena

$$\text{Por tanto el peso requerido de arena seca será de: } = (1.000 - 0.723) = 0.277 \text{ m}^3$$

$$(0.277) \cdot (2.76) \cdot 1000 = 763 \text{ Kg/m}^3$$

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:

$$\begin{aligned} \text{Agregado grueso húmedo} &= (930) \cdot (1.034188) = 962 \text{ Kg.} \\ \text{Agregado Fino húmedo} &= (763) \cdot (1.0523) = 803 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

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:

$$205 - 930 \cdot \left(\frac{3.42 - 0.98}{100} \right) - 763 \cdot \left(\frac{5.23 - 2.18}{100} \right) = 159$$

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	373	1.00	373	1.00
Agua	205	0.55	159	0.43
Agreg. Grueso	930	2.50	962	2.58
Agreg. Fino	763	2.05	803	2.16
Aire	2.0 %		2.0 %	

8.77 BOLSAS /m³ DE CEMENTO

DOSIFICACIÓN POR PESO:

Cemento 42.50 Kg.
 Agregado fino húmedo 91.60 Kg.
 Agregado grueso húmedo 109.70 Kg.
 Agua efectiva 18.13 Kg.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL

Yaira Arrianda Yatta Torres



DOSIFICACIÓN POR TANDAS:

Para Mezcladora de 9 pies³

1.0 Bolsa de Cemento:	Redondo
- 2.05 p ³ de Arena	2.1 p ³ de Arena
- 2.66 p ³ de Piedra Chancada	2.7 p ³ de Piedra Chancada
- 18 Lt. de Agua	18 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 DOSIFICACION POR TANDAS.

* Se debera 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 VICE-RECTOR VELASCO
 FICP - CARRERA INGENIERIA CIVIL

 Arnelo Yana Torres
 C.I. 103257





UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERRES 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: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

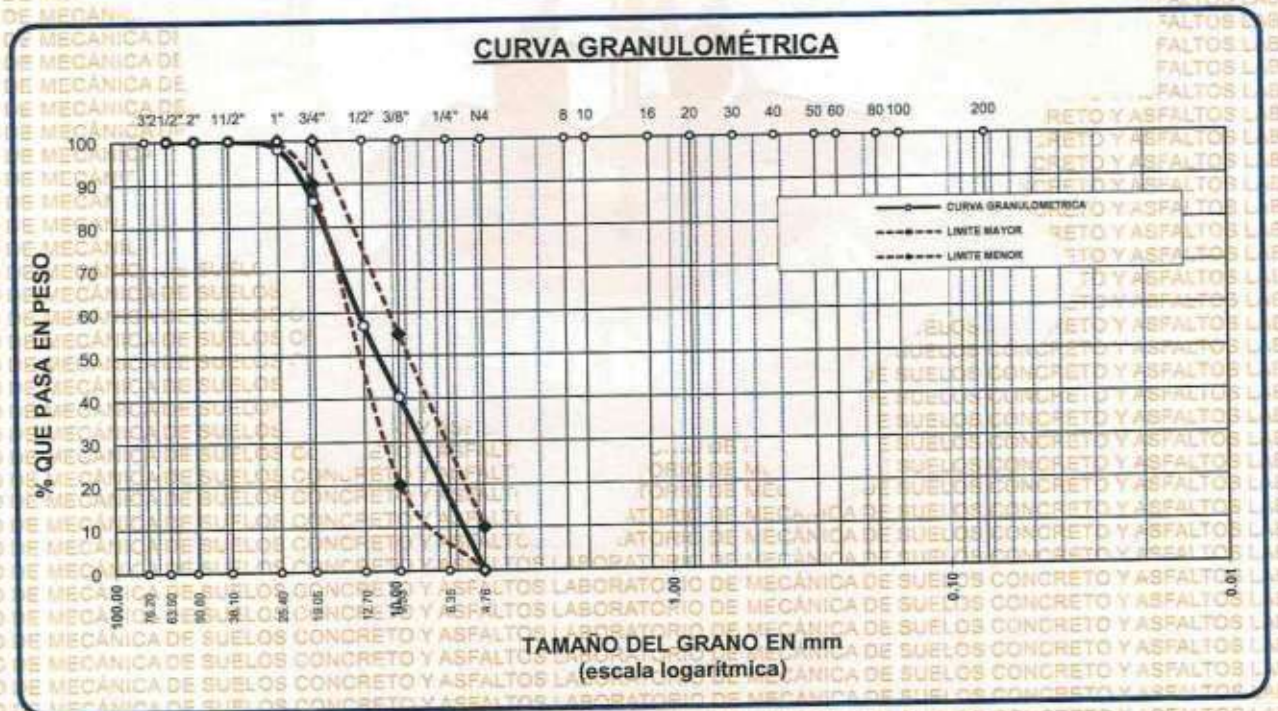
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

CANTERA: AZÁNGARO - AGREGADO GRUESO
 AZÁNGARO - AGREGADO FINO

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

FECHA: 29 DE OCTUBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4"
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		OBSERVACIONES:
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	100 %	
1 1/4"	25.400	68.00	1.94	1.94	98.06	90 - 100 %	
3/4"	19.050	423.00	12.09	14.03	85.97		
1/2"	12.700	1014.00	28.97	43.00	57.00		
3/8"	9.525	583.00	16.66	59.66	40.34	20 - 55 %	
1/4"	6.350						
No4	4.760	1402.00	40.06	99.71	0.29	0 - 10 %	
BASE		0.00	0.00	99.71	0.29		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERRES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

M.Sc. Arnaldo Yana Torres
 CIP 102257



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 : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

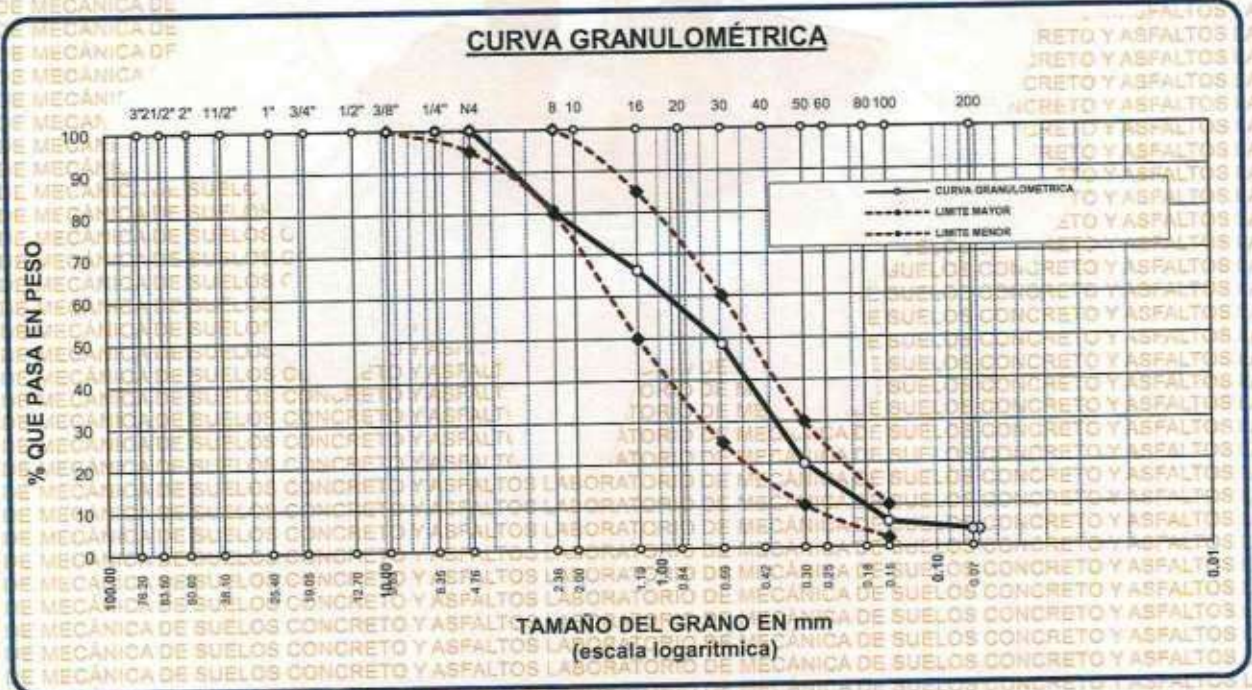
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

CANTERA : AZÁNGARO - AGREGADO GRUESO
 : AZÁNGARO - AGREGADO FINO

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

FECHA : 29 DE OCTUBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500.39 gr. Módulo de Fineza = 2.79 OBSERVACIONES:
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 %	
No8	2.380	96.52	19.30	19.30	80.70		
No10	2.000					50 - 85 %	
No16	1.190	72.85	14.57	33.87	66.13		
No20	0.840					25 - 60 %	
No30	0.590	87.74	17.55	51.42	48.58		
No40	0.420					10 - 30 %	
No50	0.300	143.15	28.63	80.05	19.95		
No60	0.250						
No80	0.180					2-10%	
No100	0.149	69.91	13.98	94.03	5.97		
No200	0.074	10.46	2.09	96.13	3.87		
BASE		19.37	3.87	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		3.87					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.Sc. Argenaldo Yana Torres
 10/12/2024



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 : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES
 DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

CANTERA : AZÁNGARO - AGREGADO GRUESO

CANTERA : AZÁNGARO - AGREGADO FINO

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

FECHA : 29 DE OCTUBRE DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (SUELTO)

PESO DEL MOLDE	5920 gr	5920 gr	5920 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2128 cm ³	2128 cm ³	2128 cm ³
COLOCACIÓN DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9284.00 gr	9287.00 gr	9262.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3364.00 gr	3367.00 gr	3342.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.581 gr/cm ³	1.582 gr/cm ³	1.570 gr/cm ³
PROMEDIO	1.578 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO FINO (VARILLADO)

PESO DEL MOLDE	5920 gr	5920 gr	5920 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2128 cm ³	2128 cm ³	2128 cm ³
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9471.00 gr	9489.00 gr	9473.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3551.00 gr	3569.00 gr	3553.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.669 gr/cm ³	1.677 gr/cm ³	1.670 gr/cm ³
PROMEDIO	1.672 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Arnela Torres
 Arnela Torres
 C.I.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



PESOS UNITARIOS

NTP-400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI

CANTERA: AZÁNGARO - AGREGADO GRUESO

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

FECHA: 29 DE OCTUBRE DEL 2024

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(SUELTO)			
PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3241 cm ³	3241 cm ³	3241 cm ³
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	11807.00 gr	11823.00 gr	11835.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	4702.00 gr	4718.00 gr	4730.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.451 gr/cm ³	1.456 gr/cm ³	1.459 gr/cm ³
PROMEDIO	1.455 gr/cm ³		

DENSIDAD MINIMA AGREGADO GRUESO(VARILLADO)			
PESO DEL MOLDE	7105 gr	7105 gr	7105 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3241 cm ³	3241 cm ³	3241 cm ³
N° DE CAPAS	3	3	3
N° DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	12112.00 gr	12168.00 gr	12211.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5007.00 gr	5063.00 gr	5108.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.545 gr/cm ³	1.562 gr/cm ³	1.575 gr/cm ³
PROMEDIO	1.561 gr/cm ³		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

(Handwritten signature)



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 MTCE108-2000

PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

CANTERA : AZÁNGARO - AGREGADO GRUESO
 : AZÁNGARO - AGREGADO FINO

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

FECHA : 29 DE OCTUBRE DEL 2024

MUESTRA : AGREGADO FINO	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	305.41
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	292.82
PESO DEL TARRO (gr.)	52.14
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	253.27
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	240.68
PESO DEL AGUA (gr.)	12.59
% HUMEDAD	5.23

MUESTRA : AGREGADO GRUESO	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	440.67
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	428.05
PESO DEL TARRO (gr.)	58.92
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	381.75
PESO DE LA MUESTRA SECO (gr.)	369.13
PESO DEL AGUA (gr.)	12.62
% HUMEDAD	3.42

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

Mgtr. Arnoldo Yano Torres
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS UANCV



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: ANALISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZANGARO 2024

SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

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

FECHA: OCTUBRE - NOVIEMBRE DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXION VIGA PATRON

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.98	15.00	50.00	1656.97	24.58	25.21	210.00	7	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1708.12	25.31		210.00	7	
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1765.05	26.15		210.00	7	
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	1673.19	24.79		210.00	7	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.98	15.00	50.00	2195.12	32.56	32.85	210.00	14	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2234.67	33.11		210.00	14	
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2163.81	32.06		210.00	14	
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2273.55	33.68		210.00	14	

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2781.31	41.34	41.98	210.00	28	
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2744.36	40.66		210.00	28	
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2892.21	42.85		210.00	28	
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2907.31	43.07		210.00	28	

OBSERVACIONES:

1. LAS MUESTRAS DE CONCRETO FUERON MOLDEADOS POR EL BACHILLER DE



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 DICE - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Ing. *Andrés Torres*
 2024-10-25



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: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

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

FECHA: OCTUBRE - NOVIEMBRE DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON FIBRA DE CARBONO (I CAPA)

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	F'c Kg/cm ²	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2180.35	32.41	33.22	210.00	7	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2353.22	34.86				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2237.84	33.15				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2189.75	32.44				

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	F'c Kg/cm ²	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2775.66	41.26	42.61	210.00	14	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2941.20	43.57				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2855.85	42.31				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2922.35	43.29				

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm ²	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm ²)	F'c Kg/cm ²	EDAD	
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS	DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	3507.47	52.14	52.53	210.00	28	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3417.14	50.62				
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3596.33	53.28				
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3650.27	54.08				

OBSERVACIONES:

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICR - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Mr. Arnulfo Yana Torres
2024-10-27



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: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

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

FECHA: OCTUBRE - NOVIEMBRE DEL 2024

PRUEBA DE RESISTENCIA A LA FLEXIÓN CON FIBRA DE CARBONO (II CAPAS)

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	2775.74	41.26	41.02	210.00	7
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2620.62	38.82		210.00	7
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2733.40	40.49		210.00	7
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	2937.21	43.51		210.00	7

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	3517.34	52.28	51.57	210.00	14
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3364.65	49.85		210.00	14
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3422.59	50.71		210.00	14
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	3606.82	53.43		210.00	14

N°	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	PROMEDIO			Lectura del dial (kg)	Resistencia a Flexion (Mr) Kg/cm2	Promedio Resistencia a Flexion (Mr) (Kg/cm2)	F'c Kg/cm2	EDAD
		b (cm)	h (cm)	L (cm)					DIAS
1	VIGA DE PRUEBA	14.95	15.00	50.00	4421.30	65.72	64.08	210.00	28
2	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4284.54	63.47		210.00	28
3	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4109.92	60.89		210.00	28
4	VIGA DE PRUEBA	15.00	15.00	50.00	4470.56	66.23		210.00	28

OBSERVACIONES:

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



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

Alex Leonel Mamani Mamani
M.S.C.A. JEFATURA
C.I.P. 103257



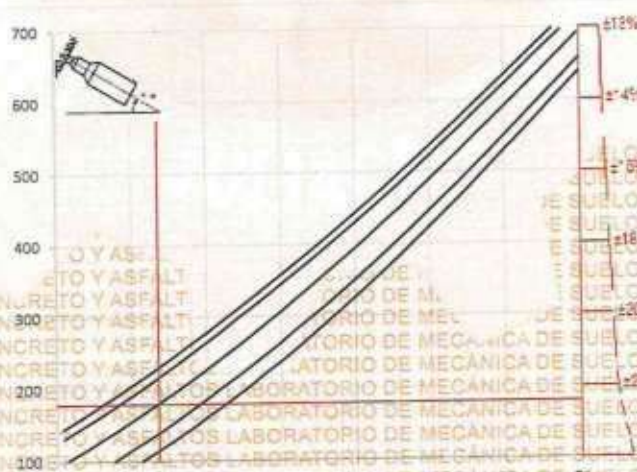
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD: COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL		
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 1- LABOR	UBICACIÓN: Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 1	Nº Punto: 10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna	

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL													
	COLUMNAS													
1	25	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2		3											
4	5		6											
7	8		9											
10														
2	24													
3	27													
4	29													
5	24													
6	26													
7	27													
8	31													
9	25													
10	30													
PROMEDIO	26.80													
IE CORREGIDO (xFC)	0.249													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm2)	179													
ERROR ±	44.55													



LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 M.Sc. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 603257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

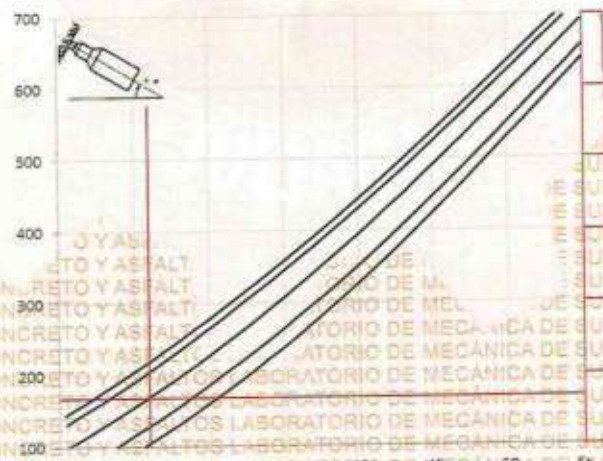


PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÚNGARO 2024
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD: COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

INFRAESTRUCTURA:	Bloque 1	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 2	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo		ESQUEMA DE TOMA DE DATOS																				
	0°																						
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL		<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>2</td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td></td><td>4</td><td></td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>7</td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>9</td><td></td><td>10</td><td></td></tr> </table>	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
1		2			3																		
	4			5																			
6		7			8																		
	9			10																			
1	COLUMNAS																						
2	25																						
3	24																						
4	27																						
5	29																						
6	24																						
7	26																						
8	27																						
9	31																						
10	25																						
PROMEDIO	26.00																						
IE CORREGIDO (xFC)	0.259																						
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	168																						
ERROR ±	43.47																						



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Nieto Arnaldo Iana Torres
 CIP 102325



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

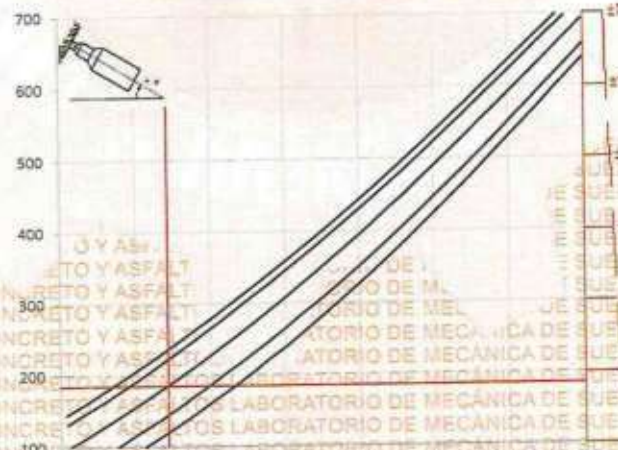


PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÚANGARO 2024.
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD: COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL		
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 1-	UBICACION: Piso 2-
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 3	Nº Punto: 10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna	

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo		ESQUEMA DE TOMA DE DATOS
	0°		
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL		
	COLUMNAS		
1	26		
2	24		
3	27		
4	29		
5	27		
6	26		
7	27		
8	31		
9	25		
10	30		
PROMEDIO	27.20		
IE CORREGIDO (xFC)	0.244		
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	185		
ERROR +	45.01		

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10		



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

M. SCA. JEFATURA

Mgtr. *Argandoña Yana Torres*
C.P. 103257



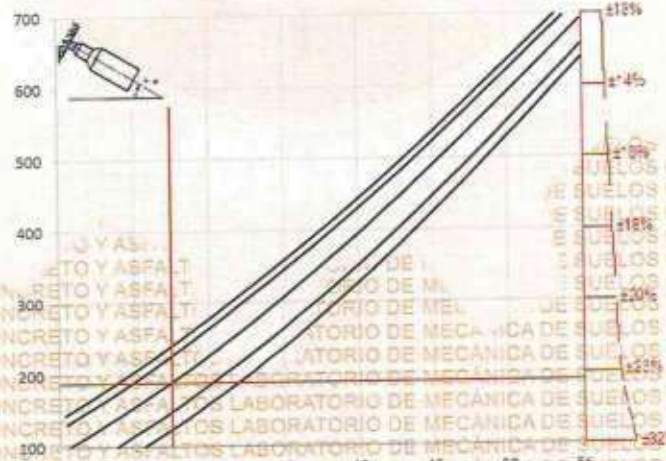
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD: COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 1	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS			
	0°				
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL				
	VIGAS				
1	24	1		2	3
2	26		4	5	
3	26				
4	30				
5	26				
6	25				
7	29				
8	30				
9	32				
10	27				
PROMEDIO	27.50				
IE CORREGIDO (xFC)	0.240				
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	189				
ERROR +-	45.32				



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

Mgtr. *Arnaldo Yana Torres*



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

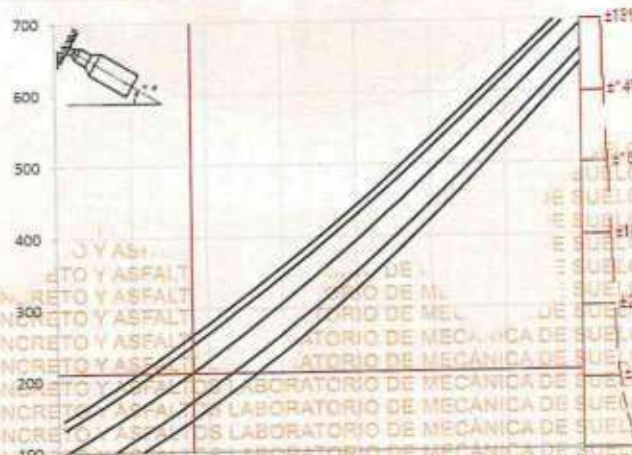


PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA
FECHA : 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 1	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo		ESQUEMA DE TOMA DE DATOS
	0°		
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL		
	VIGAS		
1	28		
2	31		
3	26		
4	30		
5	26		
6	32		
7	29		
8	30		
9	31		
10	27		
PROMEDIO	29.00		
IE CORREGIDO (xFC)	0.227		
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	210		
ERROR ±	47.74		

1	2	3
4	5	8
6	7	10
9		



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
Mg. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

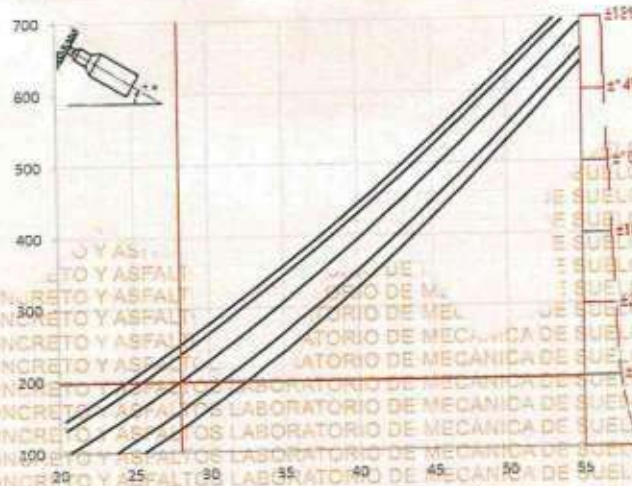


PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZANGARO 2024.
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD: COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2 - LARBE	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	COLUMNAS	
1	27	
2	30	
3	29	
4	27	
5	26	
6	31	
7	28	
8	26	
9	30	
10	27	
PROMEDIO	28.10	
IE CORREGIDO (xFC)	0.232	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm²)	197	
ERROR +/-	45.86	



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

Dr. Arnoldo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024.

SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

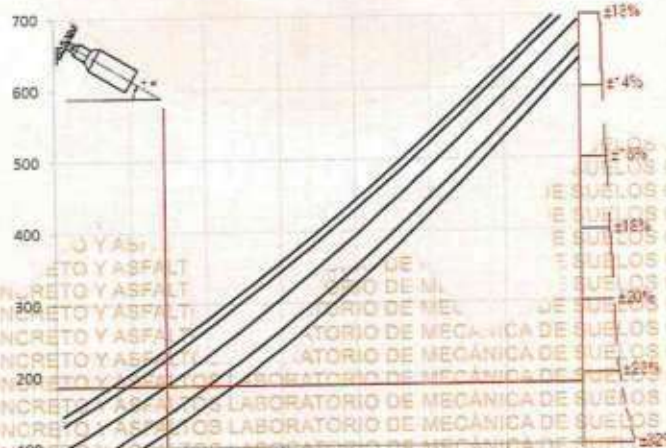
LUGAR ESTD : COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA

FECHA : 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 2	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL													
	COLUMNAS													
1	27	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2		3											
4	5		6											
7	8		9											
10														
2	28													
3	26													
4	27													
5	26													
6	30													
7	28													
8	26													
9	28													
10	27													
PROMEDIO	27.30													
IE CORREGIDO (xFC)	0.243													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	186													
ERROR +-	45.12													



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

M.S.C.A. JEFATURA
 Ing. Arnaldo Yana Torres
 CIP 100000000



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

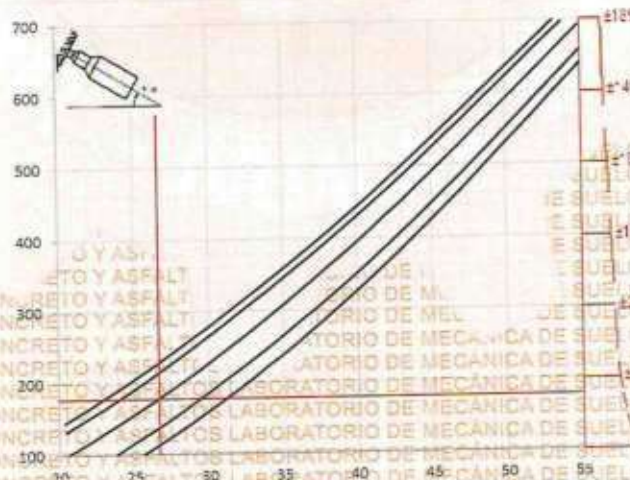
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

LUGAR ESTD : COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA

FECHA : 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL													
	VIGAS													
1	24	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2		3											
4	5		6											
7	8		9											
10														
2	28													
3	27													
4	25													
5	26													
6	25													
7	27													
8	29													
9	30													
10	26													
PROMEDIO	26.70													
IE CORREGIDO (xFC)	0.250													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	178													
ERROR +/-	44.42													



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

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 133257



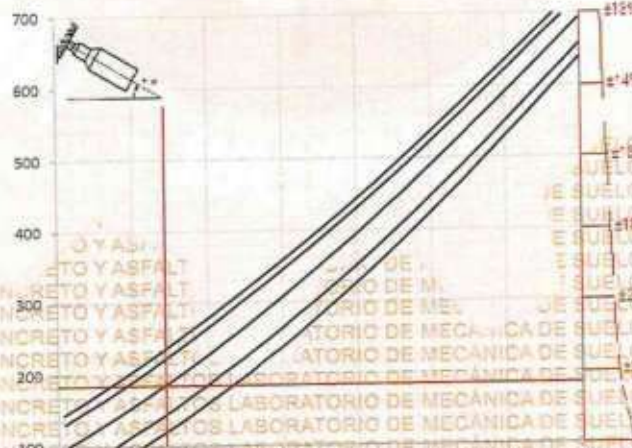
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024.
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA
FECHA : 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 3	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo		ESQUEMA DE TOMA DE DATOS																				
	0°																						
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL		<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>2</td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td></td><td>4</td><td></td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>7</td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>9</td><td></td><td>10</td><td></td></tr> </table>	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
1		2			3																		
	4			5																			
6		7			8																		
	9			10																			
1	24																						
2	28																						
3	32																						
4	25																						
5	26																						
6	25																						
7	27																						
8	29																						
9	30																						
10	26																						
PROMEDIO	27.20																						
IE CORREGIDO (xFC)	0.244																						
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	185																						
ERROR ±	45.01																						



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

Mtr. Argandoña Yana Torres
CAP. 100357



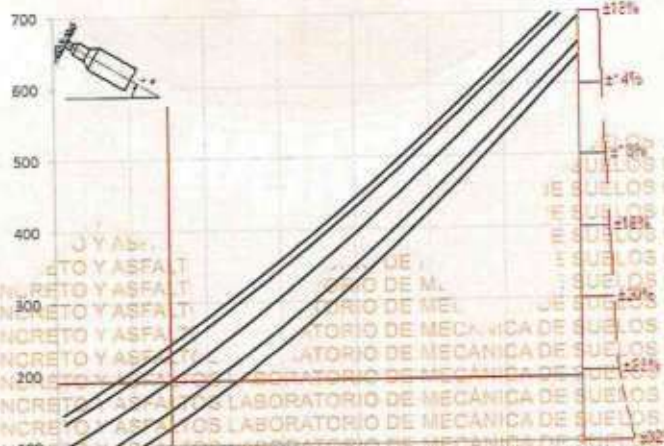
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA
FECHA : 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 3	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL													
	COLUMNAS													
1	32	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2		3											
4	5		6											
7	8		9											
10														
2	28													
3	25													
4	27													
5	26													
6	29													
7	28													
8	27													
9	29													
10	25													
PROMEDIO	27.60													
IE CORREGIDO (xFC)	0.239													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	190													
ERROR +/-	45.42													



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

M.Sc. JEFATURA

Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

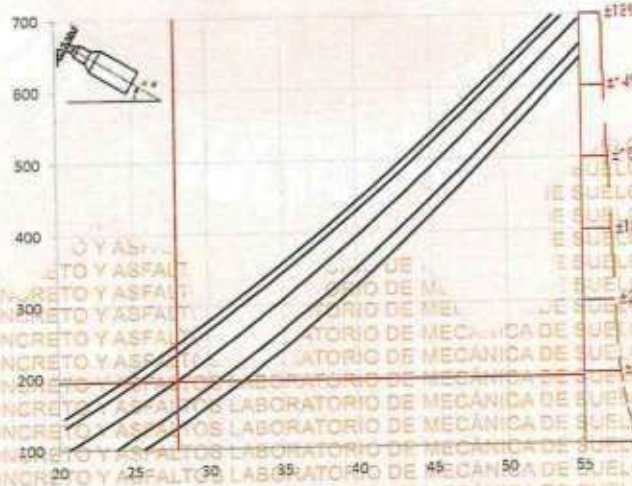


PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD: COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 3	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 3	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo		ESQUEMA DE TOMA DE DATOS
	0°		
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL		
	COLUMNAS		
1	32		
2	28		
3	25		
4	27		
5	26		
6	29		
7	28		
8	27		
9	30		
10	27		
PROMEDIO	27.90		
IE CORREGIDO (xFC)	0.235		
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	194		
ERROR +/-	45.70		

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10		



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - C.A. INGENIERÍA CIVIL

Mtro. Arnoldo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024.

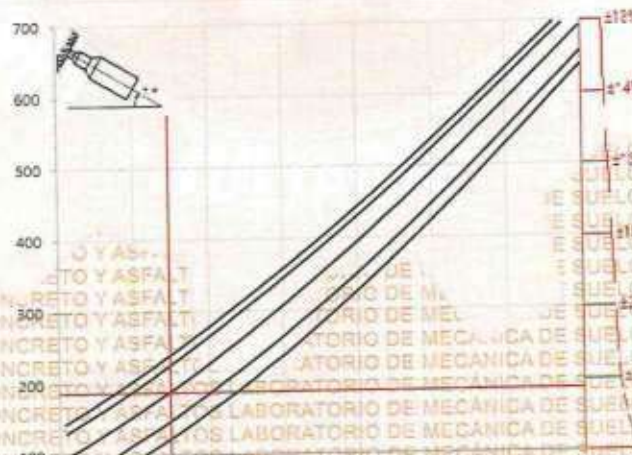
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

LUGAR ESTD : COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA

FECHA : 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 3	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL													
	VIGAS													
1	27	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2		3											
4	5		6											
7	8		9											
10														
2	28													
3	26													
4	31													
5	26													
6	25													
7	28													
8	29													
9	30													
10	24													
PROMEDIO	27.40													
IE CORREGIDO (xFC)	0.241													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	187													
ERROR +/-	45.22													



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÚANGARO 2024

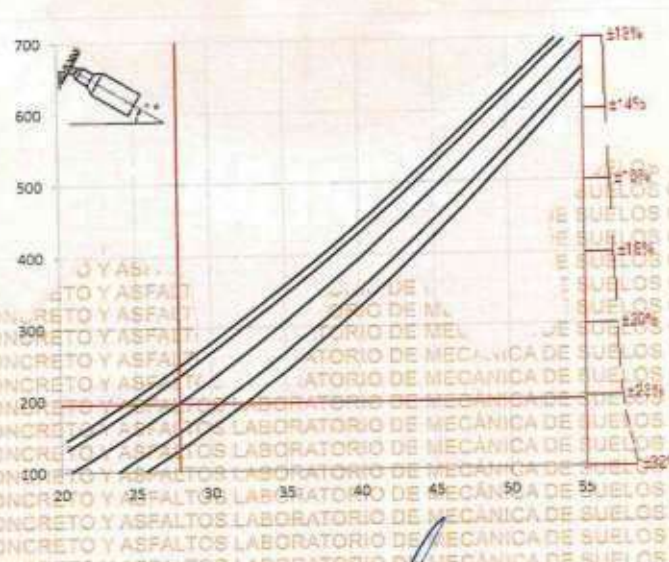
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

LUGAR ESTD : COLEGIO NACIONAL PEDRO VILCAPAZA

FECHA : 24 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 3	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 2	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>8</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>10</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	8	6	7	10	9		
	1		2	3										
4	5		8											
6	7		10											
9														
	VIGAS													
1	27													
2	29													
3	26													
4	31													
5	26													
6	27													
7	30													
8	29													
9	30													
10	24													
PROMEDIO	27.90													
IE CORREGIDO (xFC)	0.235													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	194													
ERROR +-	45.70													



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

Ing. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

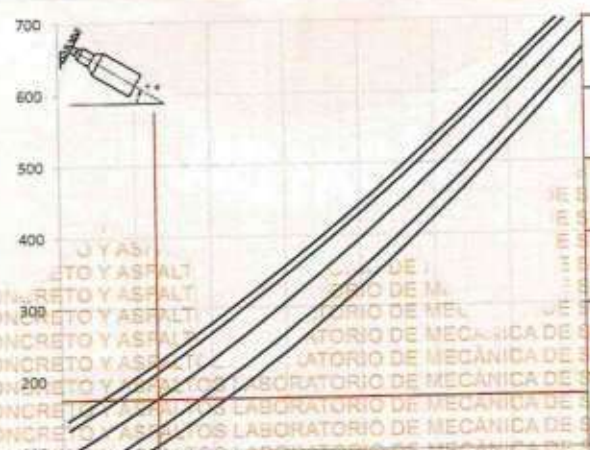
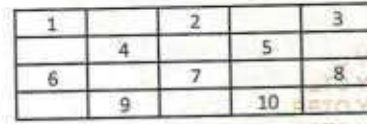


PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD: MERCADO PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

INFRAESTRUCTURA:	Bloque 1	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS			
	0°				
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL				
	COLUMNAS				
1	25				
2	24				
3	27				
4	26				
5	24				
6	26				
7	27				
8	30				
9	25				
10	30				
PROMEDIO	26.40				
IE CORREGIDO (xFC)	0.254				
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	173				
ERROR +-	44.03				



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C. JEFATURA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



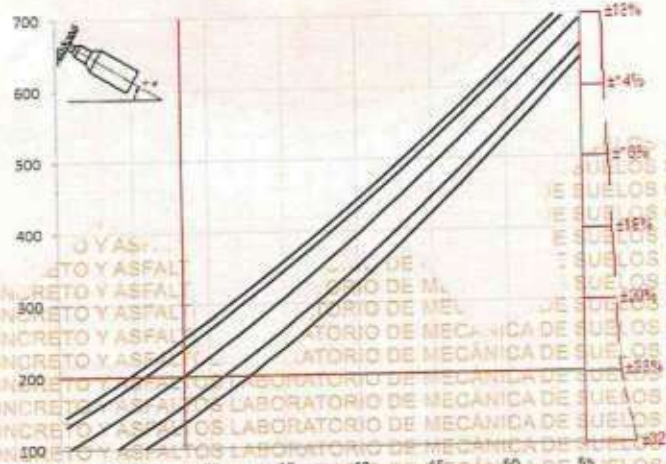
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : MERCADO PEDRO VILCAPAZA
FECHA : 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 1	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 3	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL													
	COLUMNAS													
1	30	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2		3											
4	5		6											
7	8		9											
10														
2	28													
3	27													
4	29													
5	27													
6	26													
7	27													
8	31													
9	28													
10	30													
PROMEDIO	28.30													
IE CORREGIDO (xFC)	0.230													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	200													
ERROR +-	46.04													



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELASQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yana Torres



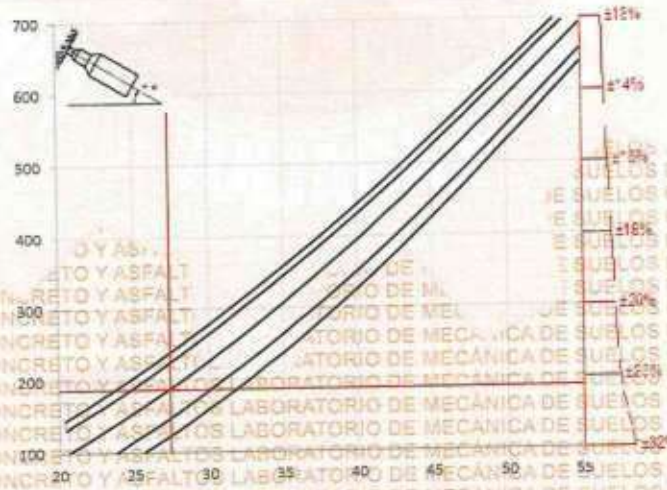
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD: MERCADO PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 1	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL													
	VIGAS													
1	24	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2		3											
4	5		6											
7	8		9											
10														
2	26													
3	26													
4	30													
5	26													
6	25													
7	29													
8	30													
9	31													
10	27													
PROMEDIO	27.40													
IE CORREGIDO (xFC)	0.241													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	187													
ERROR +/-	45.22													



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Lana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

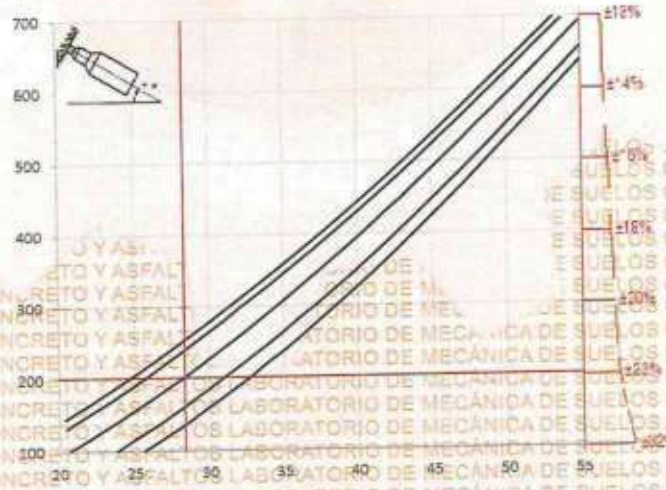


PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024.
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD: MERCADO PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 1	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	VIGAS	
1	28	
2	30	
3	26	
4	29	
5	26	
6	28	
7	29	
8	30	
9	31	
10	27	
PROMEDIO	28.40	
IE CORREGIDO (xFC)	0.229	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	202	
ERROR +/-	46.28	

1	2	3
4	5	6
7	8	9
10		



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

Mg. Arnaldo Yana Torres
 D.P. 1703257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

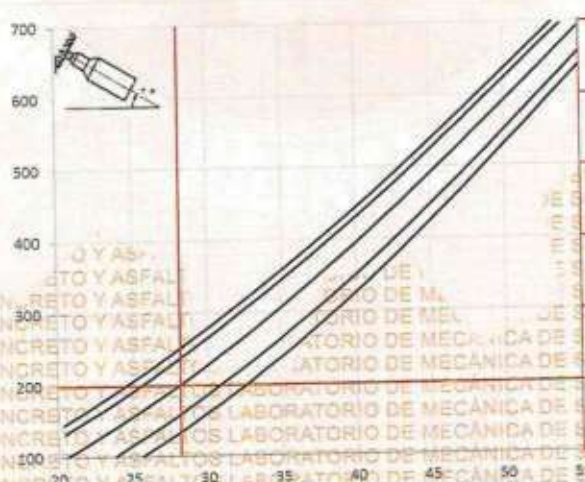
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

LUGAR ESTD : MERCADO PEDRO VILCAPAZA

FECHA : 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2-	UBICACIÓN:	Piso 1-
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo		ESQUEMA DE TOMA DE DATOS																				
	0°																						
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL		<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>2</td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td></td><td>4</td><td></td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>7</td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>9</td><td></td><td>10</td><td></td></tr> </table>	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
1		2			3																		
	4			5																			
6		7			8																		
	9			10																			
	COLUMNAS																						
1	26																						
2	30																						
3	29																						
4	27																						
5	28																						
6	31																						
7	28																						
8	26																						
9	30																						
10	27																						
PROMEDIO	28.20																						
IE CORREGIDO (xFC)	0.231																						
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	199																						
ERROR +-	45.94																						



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. INVESTIGACIÓN

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 C.P. 100007



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

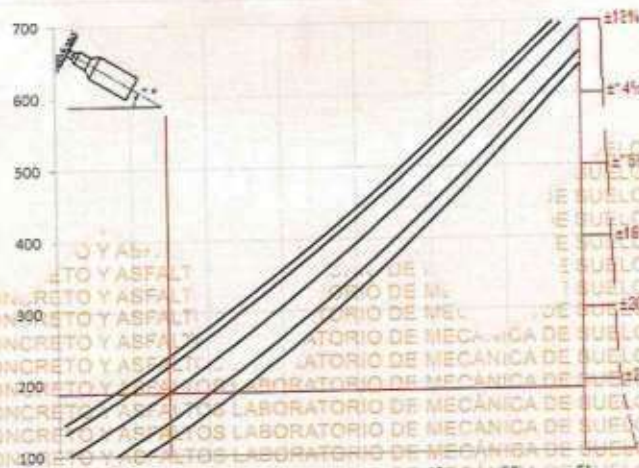


PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZANGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : MERCADO PEDRO VILCAPAZA
FECHA : 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2 LABOR	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 2	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	COLUMNAS	
1	27	
2	28	
3	26	
4	27	
5	26	
6	30	
7	28	
8	27	
9	28	
10	27	
PROMEDIO	27.40	
IE CORREGIDO (xFC)	0.241	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	187	
ERROR +-	45.22	

1	2	3
4	5	8
6	7	10



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - C.P. INGENIERÍA CIVIL
M.Sc. Arnaldo Yana Torres
CIP 107257



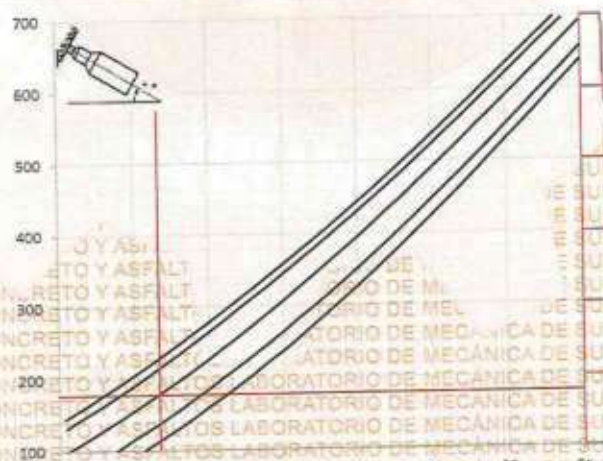
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : MERCADO PEDRO VILCAPAZA
FECHA : 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo		ESQUEMA DE TOMA DE DATOS																				
	0°																						
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL		<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>2</td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td></td><td>4</td><td></td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>7</td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>9</td><td></td><td>10</td><td></td></tr> </table>	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
1		2			3																		
	4			5																			
6		7			8																		
	9			10																			
	VIGAS																						
1	24																						
2	28																						
3	27																						
4	25																						
5	26																						
6	25																						
7	27																						
8	29																						
9	30																						
10	26																						
PROMEDIO	26.70																						
IE CORREGIDO (xFC)	0.250																						
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	178																						
ERROR +-	44.42																						



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C. INVESTIGADORA
 Mtr. Arhualdo Yana Torres
 CIP: 107957



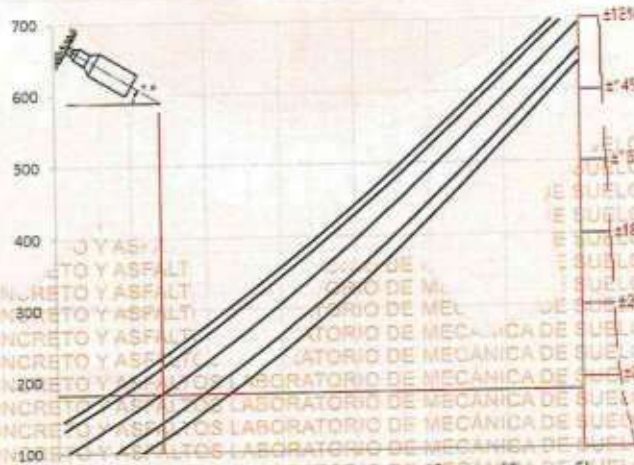
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZANGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : MERCADO PEDRO VILCAPAZA
FECHA : 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2 LABOF	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 3	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS									
	0°										
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL										
	VIGAS										
1	24	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>8</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>10</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	8	6	7	10
1	2		3								
4	5		8								
6	7		10								
2	27										
3	30										
4	25										
5	26										
6	25										
7	28										
8	29										
9	30										
10	26										
PROMEDIO	27.00										
IE CORREGIDO (xFC)	0.246										
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	182										
ERROR +-	44.78										



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

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 C.I.F. 303257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZANGARO 2024
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTO: MERCADO PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 3S LABOF	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas N° 1	N° Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS																				
	0°																					
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>2</td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td></td><td>4</td><td></td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>7</td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>9</td><td></td><td>10</td><td></td></tr> </table>	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	1			2		3																
	4			5																		
6			7		8																	
	9			10																		
	COLUMNAS																					
1	32																					
2	28																					
3	25																					
4	27																					
5	26																					
6	27																					
7	28																					
8	27																					
9	29																					
10	25																					
PROMEDIO	27.40																					
IE CORREGIDO (xFC)	0.241																					
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	187																					
ERROR +-	45.22																					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
M.Sc. Ing. Arnoldo Yana Lopez



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PDRAS
ESCUELA PROFESIONAL DE PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZANGARO 2024
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTO: MERCADO PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

INFRAESTRUCTURA:	Bloque 3S LABOF	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 3	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

PUNTOS	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS			
	0°				
ELEMENTO ESTRUCTURAL					
COLUMNAS					
1	32				
2	28				
3	26				
4	27				
5	26				
6	29				
7	30				
8	27				
9	30				
10	27				
PROMEDIO	28.20				
IE CORREGIDO (xFC)	0.231				
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	199				
ERROR ±	45.94				



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PDRAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
M.Sc. [Signature]
[Signature]



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

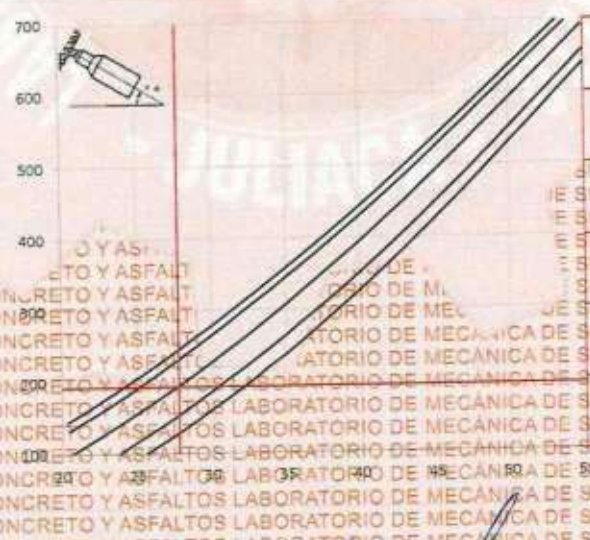


PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZANGARO 2024
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTO: MERCADO PEDRO VILCAFAZA
FECHA: 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL

INFRAESTRUCTURA:	Bloque 3S LABOF	UBICACIÓN:	Piso 3
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 3 LABO	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS			
	0°				
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL				
	VIGAS				
1	27				
2	28				
3	26				
4	31				
5	26				
6	25				
7	28				
8	29				
9	30				
10	28				
PROMEDIO	27.80				
IE CORREGIDO (xFC)	0.236				
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	193				
ERROR +/-	45.61				



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
D.P. 103257



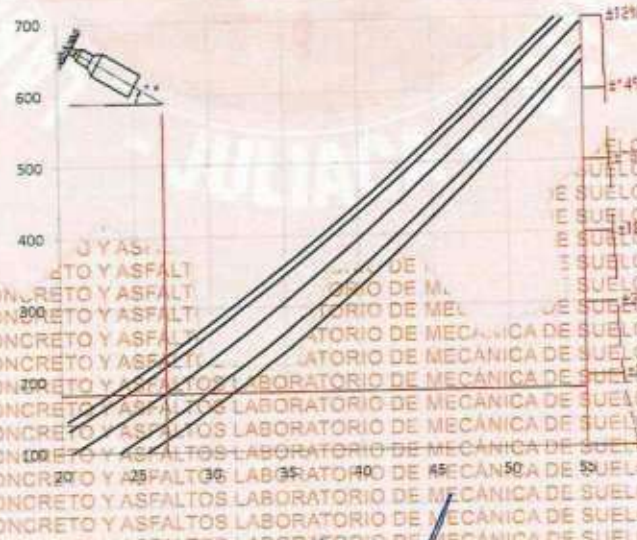
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZANGARO 2024
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD: MERCADO PEDRO VILCAPAZA
FECHA: 26 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 3 LABOR	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 2	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	1		2	3										
4	5		6											
7	8		9											
10														
	VIGAS													
1	27													
2	25													
3	26													
4	30													
5	26													
6	27													
7	29													
8	26													
9	30													
10	24													
PROMEDIO	27.00													
IE CORREGIDO (xFC)	0.246													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	182													
ERROR ±	44.78													



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

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103324



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

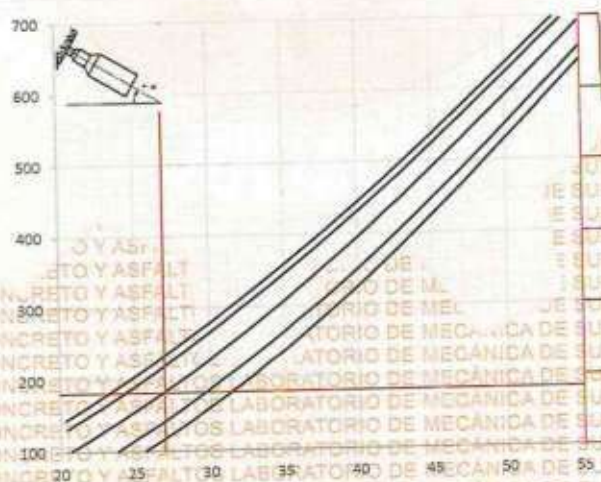


PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTO : TEATRO MUNICIPAL DE AZÁNGARO
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 15	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS
	0°	
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	
	COLUMNAS	
1	25	
2	26	
3	27	
4	29	
5	24	
6	26	
7	27	
8	31	
9	25	
10	30	
PROMEDIO	27.00	
IE CORREGIDO (xFC)	0.246	
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	182	
ERROR ±	44.78	

1		2		3
	4		5	
6		7		8
	9		10	



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnoldo Yana Torres
CIP 103257



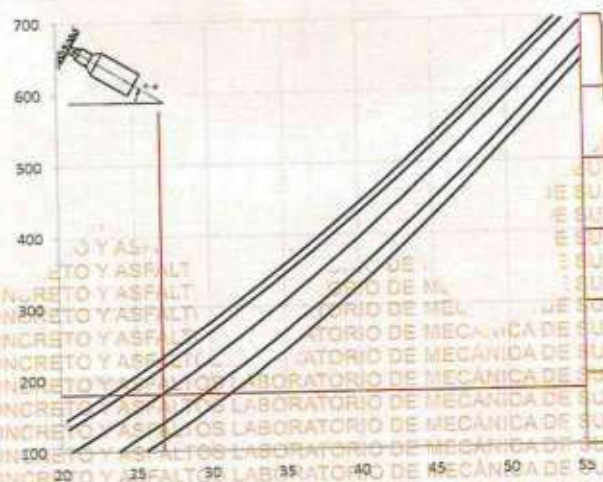
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTO : TEATRO MUNICIPAL DE AZÁNGARO
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 13	LABOF	UBICACIÓN: Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 3	Nº Punto: 10	
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS			
	D°				
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL				
	COLUMNAS	1	2	3	4
1	26				
2	24				
3	25				
4	29				
5	27				
6	24				
7	27				
8	31				
9	25				
10	30				
PROMEDIO	26.80				
IE CORREGIDO (xFC)	0.249				
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	179				
ERROR ←	44.55				



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIP/103257



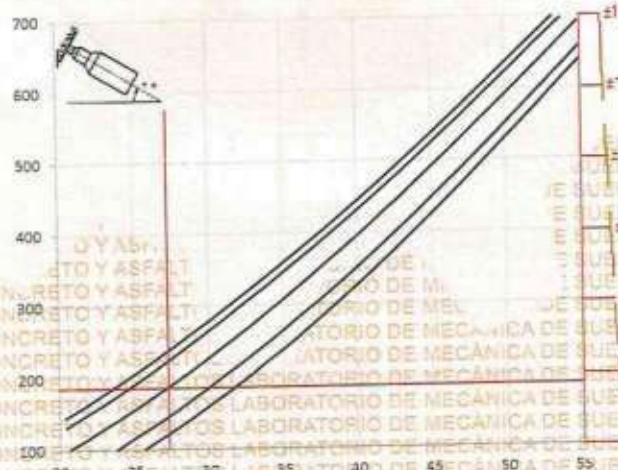
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : TEATRO MUNICIPAL DE AZÁNGARO
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 1S LABOP	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 1 LABU	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS			
	0°				
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL				
	VIGAS				
1	24	1		2	3
2	26		4	5	
3	26			7	8
4	30		9	10	
5	26				
6	25				
7	27				
8	30				
9	32				
10	27				
PROMEDIO	27.30				
IE CORREGIDO (xFC)	0.243				
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	186				
ERROR +/-	45.12				



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 M.Sc. JEFATURA
 M.Sc. JEFATURA
 Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIF: 103257



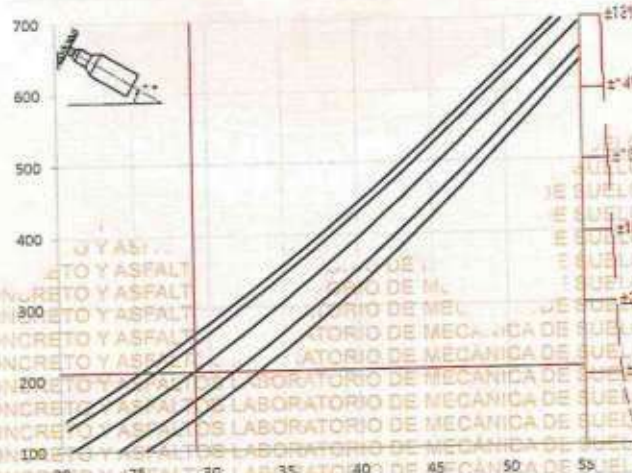
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : TEATRO MUNICIPAL DE AZÁNGARO
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 1S LABOP	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS																				
	0°																					
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	<table border="1"> <tr><td>1</td><td></td><td>2</td><td></td><td>3</td></tr> <tr><td></td><td>4</td><td></td><td>5</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td>7</td><td></td><td>8</td></tr> <tr><td></td><td>9</td><td></td><td>10</td><td></td></tr> </table>	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	1			2		3																
	4			5																		
6			7		8																	
	9			10																		
	VIGAS																					
1	28																					
2	31																					
3	26																					
4	30																					
5	26																					
6	32																					
7	29																					
8	30																					
9	31																					
10	27																					
PROMEDIO	29.00																					
IE CORREGIDO (xFC)	0.227																					
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	210																					
ERROR ±	47.74																					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres



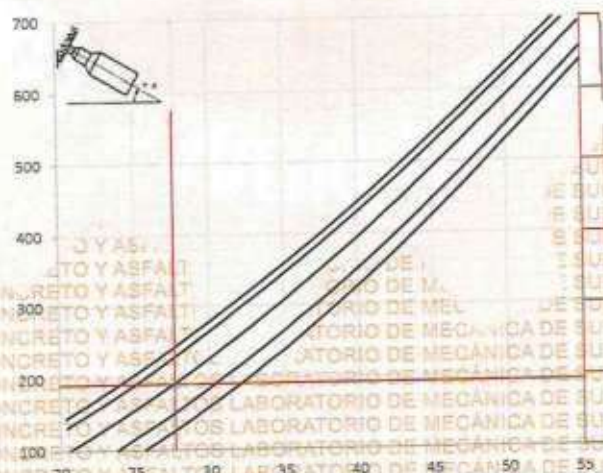
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : TEATRO MUNICIPAL DE AZÁNGARO
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 25 LABOF	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas N° 1	N° Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	1		2	3										
4	5		6											
7	8		9											
10														
COLUMNAS														
1	27													
2	30													
3	29													
4	27													
5	26													
6	31													
7	25													
8	26													
9	29													
10	27													
PROMEDIO	27.70													
IE CORREGIDO (xFC)	0.238													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	192													
ERROR +-	45.52													



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 102257



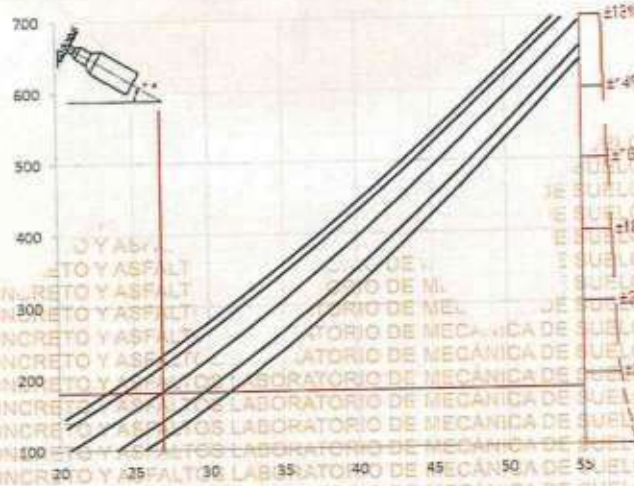
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : TEATRO MUNICIPAL DE AZÁNGARO
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2	LABOR	UBICACIÓN: Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 2	Nº Punto: 10	
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS			
	0°				
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL				
	COLUMNAS				
1	27				
2	25				
3	26				
4	24				
5	26				
6	30				
7	28				
8	26				
9	28				
10	29				
PROMEDIO	26.90				
IE CORREGIDO (xFC)	0.248				
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	180				
ERROR ±	44.67				



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



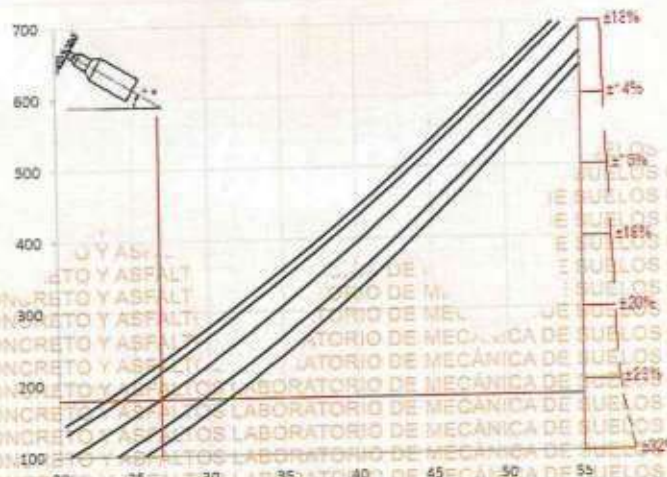
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : TEATRO MUNICIPAL DE AZÁNGARO
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 2	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 3	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL													
	VIGAS													
1	24	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>8</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>10</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	8	6	7	10	9		
1	2		3											
4	5		8											
6	7		10											
9														
2	28													
3	32													
4	25													
5	26													
6	25													
7	27													
8	26													
9	30													
10	25													
PROMEDIO	26.80													
IE CORREGIDO (xFC)	0.249													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	179													
ERROR +-	44.55													



[Signature]
Mg. Arnoldo Lara Torres
CIP 10925



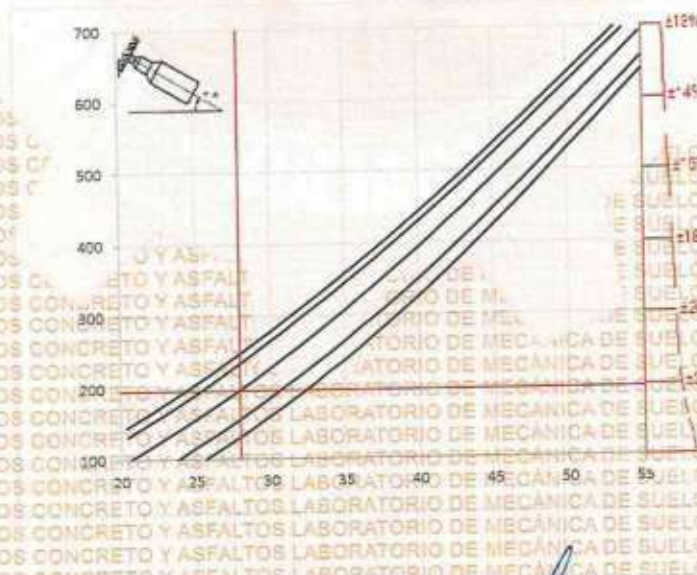
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTO : TEATRO MUNICIPAL DE AZÁNGARO
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 3	UBICACIÓN:	Piso 1
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 1	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL													
	COLUMNAS													
1	32	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>8</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>10</td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	8	6	7	10	9		
1	2		3											
4	5		8											
6	7		10											
9														
2	28													
3	25													
4	27													
5	26													
6	30													
7	26													
8	32													
9	29													
10	25													
PROMEDIO	28.00													
IE CORREGIDO (xFC)	0.234													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	196													
ERROR +-	45.78													



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 P.O.P. - CAYSHI - INGENIERIA CIVIL
 Mtr. Araldo Yana Torres
 CIP 10327



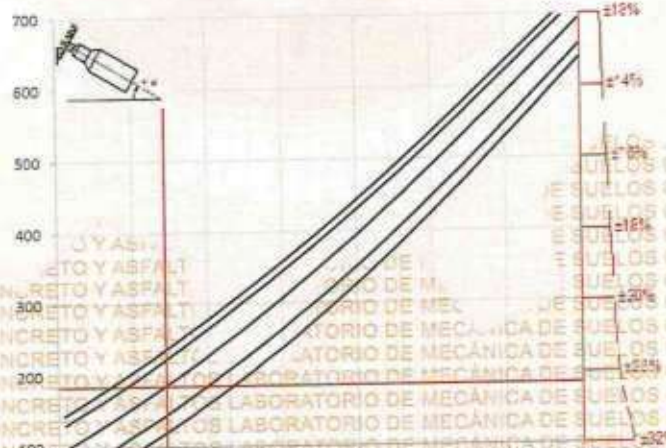
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO : ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024
SOLICITANTE : Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD : TEATRO MUNICIPAL DE AZÁNGARO
FECHA : 25 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 3	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Columnas Nº 3	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en columna		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL													
	COLUMNAS													
1	32	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>8</td><td>9</td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	2		3											
4	5		6											
7	8		9											
10														
2	28													
3	25													
4	27													
5	26													
6	29													
7	28													
8	27													
9	24													
10	26													
PROMEDIO	27.20													
IE CORREGIDO (xFC)	0.244													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm ²)	1.85													
ERROR +-	45.01													



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

Mgtr. Arnyaldo Yana Torres
 QLP 100117



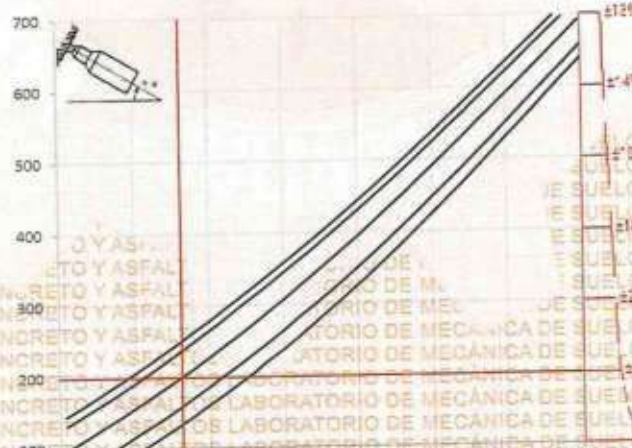
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZANGARO 2024
SOLICITANTE: Bach. ALEX LEONEL MAMANI MAMANI
LUGAR ESTD: TEATRO MUNICIPAL DE AZANGARO
FECHA: 25 DE OCTUBRE DEL 2024

DATOS DEL ELEMENTO ESTRUCTURAL			
INFRAESTRUCTURA:	Bloque 3 LABO	UBICACIÓN:	Piso 2
DESCRIP. ESTRUCTURAL:	Vigas Nº 2	Nº Punto:	10
MIEMBRO ESTRUCTURAL:	Lectura horizontal en vigas		

RESULTADO ESCLEROMETRIA	Angulo	ESQUEMA DE TOMA DE DATOS												
	0°													
PUNTOS	ELEMENTO ESTRUCTURAL	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>5</td><td>8</td></tr> <tr><td>6</td><td>7</td><td>10</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td></td></tr> </table>	1	2	3	4	5	8	6	7	10	9	10	
	1		2	3										
4	5		8											
6	7		10											
9	10													
	VIGAS													
1	27													
2	29													
3	28													
4	31													
5	26													
6	28													
7	30													
8	29													
9	30													
10	24													
PROMEDIO	28.20													
IE CORREGIDO (xFC)	0.231													
RESISTENCIA GRÁFICA (kg/cm²)	199													
ERROR ←	45.94													



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Alex Leonel Mamani Mamani



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 03-04-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ALEX LEONEL MAMANI MAMANI

Dirección: Av. CANCHARANI 558

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76201463

Teléfono: 901 158 062 email: Alexleonelm579@gmail.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. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DEL EMPLEO DE FIBRA DE CARBONO EN EL REFORZAMIENTO DE ELEMENTOS

ESTRUCTURALES DETERIORADOS DE DISEÑO CONVENCIONAL EN

EDIFICACIONES EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): FIBRA DE CARBONO, REFORZAMIENTO ESTRUCTURAL, EDIFICACIONES, ESCLERÓMETRO

¿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, entre 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

Caluani



03-01-2025

Firma de Autor

huella digital

Fecha